



Biogasinvesteringar i Linköping

– samhällsekonomiskt lönsamt eller inte?

Maria Noring

*SLU, Department of Economics
Degree Thesis in Economics
D-level, 30 ECTS credits*

*Thesis No 475
Uppsala, year 2007*

ISSN 1401-4084
ISRN SLU-EKON-EX-475--SE

Biogas investments in Linköping

-A cost- benefit analysis

Biogasinvesteringar i Linköping

– samhällsekonomiskt lönsamt eller inte?

Maria Noring

Handledare: Clas Eriksson

© Maria Noring

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för ekonomi
Box 7013
750 07 UPPSALA

ISSN 1401-4084
ISRN SLU-EKON-EX-475 –SE

Tryck: SLU, Institutionen för ekonomi, Uppsala, 2007

Summary

Since some years Linköping has invested in biogas production, mainly from offal's, residuals from food industry and manure. The municipality goes for biogas in the local traffic and in all transportation. It is also possible for private car owners to run their cars on biogas.

The purpose of this essay is to perform a cost-benefit analysis and examine if the project has been beneficial from a social point of view. The effects have been identified, measured and monetarily valued. The essay is limited to include the year of 2006 only. It is also geographically limited to the region surrounding Linköping, where Svensk Biogas is operating, that is among other cities Norrköping, Motala and Örebro. The effects include for example air pollution reductions, changes in noise pollution, investment costs and increased running costs.

The result shows that the investment in biogas has been profitable during the year of 2006. However, it is justified to be sceptical, because the essay might not include all effects and the one included might be wrongly valued.

Sammanfattning

Linköpings kommun har sedan ett antal år satsat på biogasproduktion baserad på slakt- och livsmedelsindustrirester samt gödsel. Man driver hela den lokala bussflottan med biogas och har även som upphandlingskrav att samtliga transporter ska ske med biogasdrift. Dessutom har även privata bilister möjlighet att köpa biogas.

Syftet med den här uppsatsen är att genom en kostnads- intäktsanalys undersöka huruvida satsningen har varit samhällsekonomiskt lönsam eller inte. Detta har skett genom att så många effekter som möjligt har identifierats, mätts och värderats för att slutligen åstadkomma en slutsumma. Arbetet har begränsats till att endast innefatta ett år, 2006, samt till regionen runt Linköping, närmare bestämt det område inom vilket producenten Svensk Biogas verkar. Biogasen transporteras till städer som Norrköping, Motala och Örebro. Effekterna inkluderar bland annat utsläppsminskningar, förändringar i bullernivåer, investeringskostnader och ökade driftskostnader.

Resultatet visar på att satsningen, åtminstone under år 2006, har varit samhällsekonomiskt lönsamt. Men det är befogat att vara skeptiskt till själva slutsumman då dels denna uppsats inte nödvändigtvis innehåller samtliga relevanta effekter, dels därför att de grunder som beräkningarna baseras på inte är helt säkra.

Innehållsförteckning

1 INTRODUKTION	1
1.1 PROBLEMLÅGGRUND	1
1.2 PROBLEM	1
1.3 SYFTE.....	2
1.4 METOD	2
2 TEORI.....	3
2.1 KOSTNADS-INTÄKTSANALYS	3
2.2 MODELLEN	3
2.2.1 Att värdera de miljömässiga kostnaderna.....	4
2.3 NUVÄRDE.....	7
2.4 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT I PRAKTIKEN	7
2.5 VARFÖR SKA VI VÄRDERA NATUREN?.....	8
3 BÅGGRUND.....	9
3.1 BIOGAS	9
3.2 HISTORIK.....	10
3.2.1 De första bussarna.....	10
3.2.2 Utökad fortsättning.....	11
4 DEN EMPIRISKA STUDIEN	13
4.1 KVANTITATIVA EFFEKTER.....	14
4.1.1 Tunga fordon.....	14
4.1.2 Personbilar	16
4.1.3 Slaktavfall.....	17
4.1.4 Lantbrukare.....	17
4.1.5 Biogasproduktion.....	18
4.1.6 Sammanfattning	19
4.2 MONETÄR VÄRDERING	19
4.2.1 Röttningsanläggningen.....	20
4.2.1 Bussar.....	20
4.2.2 Bilkörning.....	21
4.2.3 Renhållningsfordon.....	22
4.2.4 Biogödsel	23
4.2.5 Sammanfattning	23
5 ANALYS OCH DISKUSSION	23
5.1 TEORIN OCH RESULTATET.....	24
5.2 DISKUSSION	25
6 SLUTSATS.....	26
REFERENSER	29
Litteratur och publikationer	29
Internet	30
Personliga kontakter	31
BILAGA 1.....	32
BILAGA 2 BERÄKNINGAR.....	34
BILAGA 3 TABELLER	37

1 Introduktion

1.1 Problembakgrund

Redan på 1980-talet fördes diskussioner i Linköpings kommun om hur problemen med förorenad luft i innerstaden skulle lösas. Flera alternativ var möjliga men efter en undersökning kom man fram till att biogas var den bästa lösningen för staden. Av kostnadsskäl valde man att använda de restgaser som bildades vid avloppsanläggningen. Ett projekt uppfördes i syfte att jämföra dieseldriften med biogasdrift. Under mitten av 1990-talet startade så försöket med fem bussar. Det var begagnade ombyggda Scaniabussar som använts tidigare i ca 5 år. Dessa parkerades några hundra meter från reningsverket vid en tankstation som även renade och komprimerade gasen.

Slutsatsen av projektet, efter tre och ett halvt år, var att bussarna var likvärdiga med dieselbussar i fråga om körbarhet. Prestandan var annorlunda och gången mjukare och tystare. Även utsläppen visade sig ha minskat avsevärt. (Kullbjer 1995)

Det ansågs därför vara både tekniskt möjligt och miljömässigt intressant att driva fler biogasbussar och det planerades för att ett 20-tal fordon och så småningom ett 40-tal skulle drivas av gas. Även en större rötningsanläggning ingick i diskussionerna. (LK1)¹. 1995 beslutade kommunen att biogasprojektet skulle genomföras (LK2). Samma år bildade bland andra Tekniska verken, ett bolag med syfte att producera biogas genom nedbrytning av biologiskt avfall (LK3).

År 2001 fastställdes att Linköpings kommun skulle driva bussflottan, och alla andra fordon i kommunens regi, med biogas eller andra förnybara bränslen framöver. (LK4)

Biogas bildas vid nedbrytning av organiskt material och består av metan (55-75 %), vatten, koldioxid, svavel samt kväve. Även naturgas består av metan men biogas är ett förnybart bränsle som inte bidrar med nytt koldioxid till atmosfären. Produktionen av biogas är oberoende av importerade råvaror och sker ofta på lokal nivå nära användarna. Det är möjligt att använda gasen både till produktion av fordonsbränsle och till elektricitet. (Norrman et al 2005)

1.2 Problem

Linköpings biogasinvesteringar kan jämföras med ett tillstånd där inga förändringar gjorts. Detta utgör grunden i en kostnads- intäktsanalys (cb- analys) som är en metod för att beräkna samhällseliga kostnader och intäkter av ett projekt. I en perfekt marknadsekonomi finns inga externa eller oönskade effekter, men så är inte fallet i verkligheten. En verksamhet medför ofta effekter som inte syns i marknadspriset, externaliteter, vilka kan vara både positiva och negativa. I en samhällsekonomisk analys tas dessa med i beräkningen så att det blir möjligt att räkna ut alla relevanta kostnader för hela samhället och inte bara produktionskostnaderna (Perman et al 2003). I det här fallet är det en kommun som genomfört projektet och det finns

¹ LK står för Linköpings Kommun. För närmare hänvisning se källförteckningen.

inte någon egentlig marknad. För att åskådliggöra och beräkna den totala effekten genomförs därför en kostnads- intäktsanalys.

De huvudsakliga frågeställningarna kan sammanfattas i nedanstående frågor.

- Vilka är effekterna av biogasinvesteringarna?
- Vilka mängder rör det sig om?
- Vad är värdena på de olika effekterna?
- Är projekten samhällsekonomiskt lönsamma?
- Varför ska man värdera miljön?

För att avgränsa arbetet kommer endast effekter inom ett typår att beaktas. Detta görs trots att konsekvenserna egentligen sträcker sig långt fram i tiden. Analysen avgränsas till vad som genomförts inom Linköpings kommun samt de effekter som ligger inom ramen för kommunens verksamhet.

1.3 Syfte

Det huvudsakliga syftet med detta arbete är att *utröna om Linköpings kommuns biogasinvesteringar är samhällsekonomiskt lönsamma eller inte*. Detta kan motiveras dels genom uppdraget från min uppdragsgivare, Linköpings kommun, som har ett intresse i att utröna, för sig själva och för sina finansörer, om de investeringar som gjorts har kommit till sin rätt. En annan anledning är att föra in miljömässiga tankesätt som ännu inte är så vanliga i den ekonomiska världen för att kunna motivera varför vissa projekt kan vara lönsamma utan att den rent ekonomiska budgeten tyder på det. Motiveringen till den sista frågan i problemformuleringen är att genomföra en diskussion om värdering av miljön för att skapa legitimitet till fenomenet, eller proceduren, miljövärdering i sig.

1.4 Metod

Tillvägagångssättet inom ramen för detta arbete innebär för det första att genomföra en litteraturstudie där kostnads- intäktsanalyser och en diskussion om att värdera miljön avhandlas för att ge läsaren en inblick i hur en kostnads- intäktsanalys går till. Sedan kommer en genomgång av vad Linköpings kommun har gjort i biogassatsningen. Den baseras på intervjuer med ansvariga på kommunen och de olika enheterna samt insamlat material. Slutligen görs en sammanställning av de effekter projektet har inneburit och en värdering av dessa. Mer specifikt kommer arbetet att gå till väga på så sätt att de kostnader som projektet inneburit listas och summeras. Även fördelar räknas med som plusposter och det samhällsekonomiska nettot är differensen.

För att begränsa arbetet något kommer endast år 2006 att tas i beaktning. Anledningen till valet av just år 2006 är att det året är mest representativt då flest effekter kan inkluderas. Beroende på om slutsumman är positiv eller negativ har projektet varit samhällsekonomiskt lönsamt eller inte, men endast för 2006. Slutligen genomförs en analys och diskussion, där metoderna och resultaten utvärderas samt en slutsats där frågeställningen kommenteras. Beräkningarna påbörjas från när kommunen från början gjorde biogasinvesteringar då vissa poster, som investeringar, måste tas med även fast beräkningarna sker för endast ett år. Detta

sker också oberoende av eventuella bidrag då det är den totala samhällseliga effekten som eftersträvas och inte eventuella fördelningseffekter.

2 Teori

2.1 Kostnads-intäktanalys

Detta avsnitt baseras på Perman et al (2003) där inte annat anges. Varor kan indelas i kollektiva respektive privata varor. Men det är bara extremfallen, emellan dem finns ett spann av olika varor vilka innebär olika grader av rivalitet och exkluderbarhet. Med rivalitet menas att en persons konsumtion av varan sker på bekostnad av en annan persons konsumtion. Exkluderbarhet är ett uttryck som innebär att personer eller företag kan uteslutas från användande av varan. För privata varor gäller både rivalitet och exkluderbarhet. När det gäller rent kollektiva varor råder varken rivalitet eller exkluderbarhet. Ett exempel är ett lands försvar. Samtliga åtnjuter lika stort försvar vem man än är och var man än bor. Open access är ett begrepp där rivalitet men inte exkluderbarhet råder. Ett exempel på det är havsfiske på internationellt vatten, där alla har rätt att fiska men någons fiske medför mindre fisk åt någon annan. Det sista exemplet rör tillstånd där varken rivalitet eller exkluderbarhet råder. Detta kan vara ett vildmarksområde. Förekomsten av kollektiva varor motiverar en användning av kostnads- intäktanalys för att se till de totala samhällseliga effekterna.

Kopplingen mellan en kostnads- intäktanalys² och miljön kan, enligt Perman et al (2003), ske på två sätt. Det första är när projekten medför negativ påverkan på miljön. Ett exempel på detta är byggandet av ett vattenkraftverk vilket innebär en fördämning med stor påverkan på omgivningen. De externa effekter fördämningen bär med sig speglas inte på någon kommersiell marknad. Det andra exemplet gäller projekt där syftet är att förbättra miljön på ett eller annat sätt, detta kan t ex vara ett reningsverk. Här är effekterna ofta kollektiva varor såsom rent vatten. Inte heller här syns externaliteterna på den kommersiella marknaden. Det spelar alltså ingen roll om projektet drivs i privat eller offentlig regi, de externa effekterna, positiva eller negativa, är ändå inte marknadsmässigt värderade.

Grunden i en kostnads-intäktanalys består i att, som namnet antyder, jämföra fördelar och nackdelar, eller kostnader och intäkter för det önskade projektet. Detta är en metod att använda när inte marknaden med utbud och efterfrågan klarar av att sätta ett jämviktspris, alltså när det råder ett marknadsmislyckande. Den inkluderar, tillsammans med de vanliga kostnaderna såsom arbetskraft, kapital och råmaterial, och intäkterna, såsom varor och tjänster, även de miljömässiga effekterna vare sig de är önskade eller inte.

2.2 Modellen

Ett projekt innebär oftast kostnader i form av t ex utgifter till material och löner. Detta benämns *C*. Projektet för också med sig fördelar, *B*. Exempel på det kan vara snabbare transport tack vare den nya bron, lättillgänglighet till populära fritidsområden genom en ny

² Kostnads- intäktanalys kan även benämnas t ex kostnads- nyttoanalys, cost-benefit analysis (eng.), cb-analys eller (rent ut av) CBA. Den här uppsatsen kommer konsekvent att använda sig av den förstnämnda varianten.

väg eller mer och billigare energi i och med ett nytt vattenkraftverk. Differensen av dessa kallas för nettonytta, NB . Eventuella miljöeffekter är dock inte inkluderade i denna modell. Dessa består både av miljömässiga fördelar, EB , och nackdelar, EC , och differensen av dessa benämns ENB . Fördelarna kan vara minskade utsläpp genom investeringar i rökgasrening eller lägre buller med elmotorer istället för förbränningsmotorer. Nackdelarna kan, å andra sidan, vara t ex förstörelse av nyckelbiotopområden på grund av en ny järnväg. När miljökonsekvenserna tas i beaktning skriver man nettonyttan för period t som

$$NB = B_t - C_t + EB_t - EC_t.$$

Syftet med den empiriska analysen i avsnitt fyra är att sätta värden på de olika termerna i denna ekvation för år 2006.

De externa kostnaderna, som även kan vara miljöfördelar enligt diskussionen ovan, kan förenklat delas in i fyra grupper.

- Användarvärde kommer från vad individen hade tänkt nyttja miljötjänsten till, som till exempel rekreation
- Existensvärde innebär att individen är medveten om att servicen existerar och kommer att fortsätta med det oavsett användning
- Optionsvärde är betalningsvilligheten för att säkerställa framtida användning
- Kvasioptionsvärde innebär betalningsvilligheten för att undvika en oåterkallelig utveckling

Summan av dessa utgör miljökostnaden. Beroende på fall så kan vissa av dessa vara i princip noll. Optionsvärde och kvasioptionsvärde uppstår endast när de framtida förhållandena är osäkra medan användarvärde och existensvärde kan uppstå när framtiden är klar. Eftersom den här undersökningen görs efter att projektet genomförts så kommer varken options- eller kvasioptionsvärde att behandlas då framtiden redan är här.

2.2.1 Att värdera de miljömässiga kostnaderna

För att få ett värde på EC kan man använda sig av *equivalent* och *compensating variation*, EV respektive CV , där man mäter konsumentens förändring i nytta som en effekt av projektets konsekvenser på miljön. CV mäter förändringen i nytta i pengar givet att priserna är de efter förändringen. EV däremot är förändringen givet att priserna är oförändrade. Detta Hicksianska sätt att beräkna nyttoförändringen går till enligt följande:

Vi åsidosätter till en början miljöeffekterna och tänker oss en konsument vars välfärd stiger när priset på varan C_1 sjunker från P_1' till P_1'' . Alla andra varor aggregeras till den sammansatta varan C_2 . Antag vidare att inkomsten är Y_0 vilken är fast. Konsumentens budgetrestriktion blir:

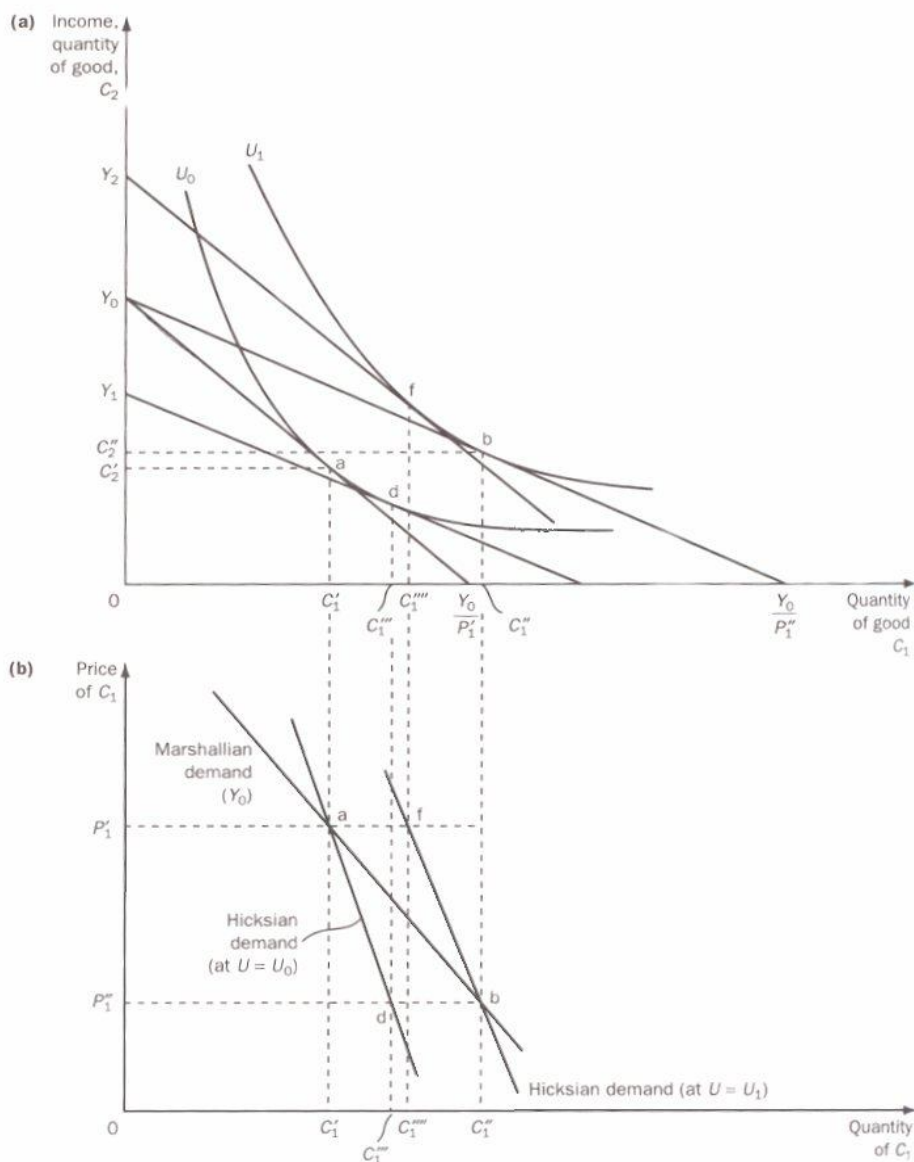
$$P_1' C_1 + C_2 = Y_0 \quad (2.1)$$

Nyttan är maximerad när C_1 och C_2 väljs så att en indifferenskurva tangerar budgetrestriktionen. Detta sker vid C_1' till nyttonivån U_0 , enligt figur 2.1 (a) nedan. Om nu priset på C_1 sjunker kommer budgetrestriktionen att flyttas längre ut på x-axeln eftersom man kan köpa mer C_1 för samma pris än tidigare. Den nya budgetrestriktionen blir:

$$P_1'' C_1 + C_2 = Y_0 \quad (2.2)$$

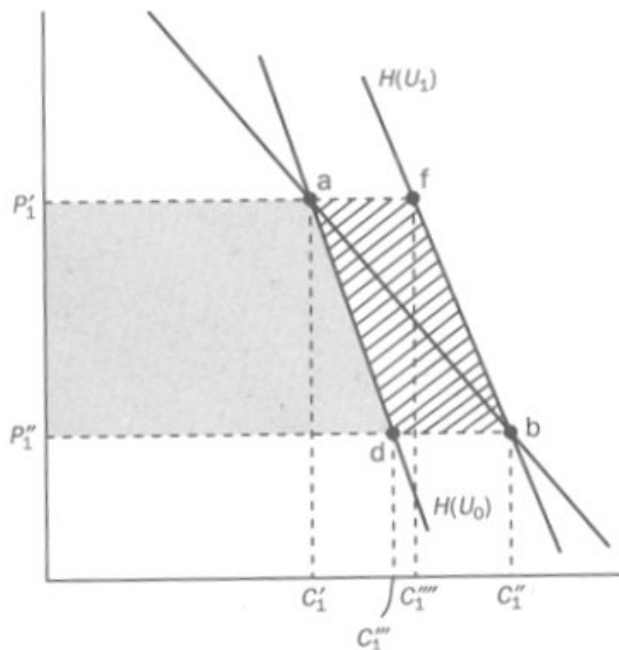
Nytnivån blir högre och hamnar på U_1 , (b), vilket visas i figur 2.1 (a). Ökningen i C_1 kan indelas i substitutionseffekt, C_1' till C_1''' , och inkomsteffekt, C_1''' till C_1'' , enligt figuren. Avståndet mellan (a) och (b) visar förändringen av nytnivån till följd av prisförändringen. Om relativpriserna behålls men inkomsten minskas till den ursprungliga nytnivån blir CV alltså $Y_0 - Y_1$.

En Marshalliansk efterfrågefunktion visar hur kvantiteten av C_1 varierar med priset, P_1 , givet att inkomsten är konstant. Den Hicksianska efterfrågefunktionen, å andra sidan, beskriver sambandet mellan den efterfrågade kvantiteten av en specifik vara samt priset på den, när nytta hålls konstant. Man kan även kalla den förstnämnda för en 'okompenserad' efterfrågefunktion och den andra för en 'kompenserad' eftersom en rörelse längs med den Hicksianska efterfrågekurvan visar substitutionseffekten av en prisförändring. För att se detta följ linjen mellan a och d i figuren. Detta speglar ett prisfall för vara C_1 under konstant nytnivå, U_1 .



Figur 2.1 (a): CV vid prisfall; (b) Hicksiansk och Marshalliansk efterfrågan (Perman et al 2003).

Ett alternativt sätt att illustrera CV och EV visas i figur 2.2 nedan. Här har både den Marshallianska och den Hicksianska efterfrågekurvan ritats i samma diagram. Det gråa området till vänster om $H(U_0)$ och mellan prisnivåerna P_0 och P_1 motsvarar CV och det streckade till vänster om $H(U_1)$ representerar EV. Området till vänster om den Marshallianska efterfrågan utgörs av konsumentöverskottet, MCS (Marshallian consumer surplus). Som synes är MCS inte lika något av de andra uppskattningarna av välfärdsförändringen.



Figur 2.2: CV och EV (Perman et al 2003).

Sammanfattningsvis kan man säga att när priset stiger anger CV den minsta summan konsumenten behöver kompenseras med för att inte förändra sin nyttonivå och EV hur mycket konsumenten är beredd att betala för att prisökningen inte ska ske. Genom att benämna betalningsvilja som WTP och ersättningsvilja som WTA kan sambandet mellan WTP/WTAs och CV/EV illustreras som följer:

$$CV < MCS < EV \quad \text{eller} \quad WTP < MCS < WTA$$

för ett prisfall och

$$CV > MCS > EV \quad \text{eller} \quad WTA > MCS > WTP$$

för en prisökning.

Genom att ta reda på konsumentens WTP eller WTA kan man alltså beräkna välfärdseffekterna pga. prisförändringar. Om inte det är möjligt kan man även använda sig av den Marshallianska efterfrågefunktionen som visserligen inte är ett helt korrekt mätinstrument men som ligger mitt emellan de andra två och därför är ungefärligt.

Ett exempel på när man genom WTP/WTB beräknar välfärdseffekter kan vara när man vill uppskatta värdet för bevarandet av ett naturområde. Det finns då en rad metoder att använda. Dessa kommer att kort presenteras i stycke 2.4. Men det återstår till ett annat arbete att behandla dem djupare då den här uppsatsen inte innehåller några uppskattningar av WTP eller WTB utan enbart använder schabloner utförda av någon annan för att beräkna de miljömässiga kostnaderna, *EC*. I avsnitt 4.2 används värden från tidigare undersökningar i syfte att värdera bland annat utsläpp.

2.3 Nuvärde

Eftersom effekterna i de allra flesta fall förekommer över flera tidsperioder är det nödvändigt att beräkna ett nuvärde av samtliga effekter. Antag därför att B_d är det diskonterade värdet av flödet av nyttor under projektets ekonomiska livslängd och C_d detsamma för kostnader. Nuvärdet kan därmed skrivas som följer

$$NPV = \sum_{t=0}^{t=T} \frac{B_t - C_t + EB_t - EC_t}{(1+r)^t} = \sum_0^T \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_0^T \frac{C_t}{(1+r)^t} + \sum_0^T \frac{EB_t}{(1+r)^t} - \sum_0^T \frac{EC_t}{(1+r)^t} = B_d - C_d$$

Nuvärdet av ett projekt är alltså nuvärdet av alla kostnader och fördelar som projektet bär med sig. Om nuvärdet är positivt ska projektet genomföras, annars inte, d v s kravet är att $NPV \geq 0$.

Då är frågan vilken räntenivå som är lämplig. Det finns inget givet svar på detta. Den varierar från projekt till projekt. Men varför ska man använda ränta över huvudtaget? Perman et al (2003) menar att i en värld utan externaliteter och marknadsmisslyckanden skulle räntan vara densamma som marknadsräntan. (Då skulle inte heller kostnads-intäktsanalyser behövas). När nu så inte är fallet blir allt lite svårare. Man menar att räntan speglar nuvärdet av konsumtion i form av förväntade kostnader och intäkter. Vi lever också i ett samhälle där räntan spelar stor roll och det är rimligt att använda ränta även vid beräkningar av projekts framtida effekter. Räntan ska dock vara real och inte nominell för att undvika påverkan av inflationen. (Perman et al 2003)

På grund av tidsskäl beräknas nettonyttan i detta arbete endast för ett år nämligen år 2006. Därför beräknas inte *NPV*, utan bara *NB* för det året.

2.4 Tillvägagångssätt i praktiken

Så hur går man egentligen till väga när man genomför en kostnads- intäktsanalys? Detta avsnitt grundar sig helt på Mattsson (2006). Huvudstegen i en kostnads- intäktsanalys innebär att man för det första definierar projektet. Omfattningen av projektet är mycket viktigt dels för att få med allt väsentligt dels för att begränsa sig och inte ta med onödigt mycket. Även tidshorisonten är av relevans. Man frågar sig hur långt in i framtiden projektet kommer att ge effekter. Handlar det om investeringar är det den ekonomiska livslängden som är intressant. Det gäller alltså att bestämma förutsättningarna för projektet. Man jämför sedan med det befintliga tillståndet, t ex nu gällande lagstiftning eller vägen som den ser ut idag. Detta kallas 0-alternativet och fungerar som referens. I de fall då man har flera alternativ gör detta att man jämför med samma sak samt vad som skulle ha hänt om man inte genomförde något av alternativen.

Sedan gäller det att identifiera de effekter som projektet medför. Det är viktigt att man då jämför med referensalternativet, alltså hur det hade blivit i annat fall och inte före och efter projektet i fråga. Därefter kommer man till att värdera effekterna. Den bästa värderingsskalan är pengar och det är människors betalningsvilja (WTP) eller kompensationskrav (WTA) som avgör hur stor fördelen eller kostnaden är. För att det ska vara en kostnad (eller fördel) måste det finnas ett alternativ d v s en annan användning av resursen. Om det inte finns det så finns det heller ingen kostnad i ekonomisk bemärkelse.

WTP och WTA kan mätas på olika sätt beroende på hur marknaden ser ut. Om marknaden är fungerande, d v s konkurrens råder, de externa effekterna är små eller saknas eller om det endast gäller marginella förändringar använder man sig av marknadspriserna. När det saknas en marknad finns två huvudmetoder att följa. Det är indirekta och direkta skattningar. De första bygger på metoder att avslöja konsumenters värderingar utifrån deras beteende. Några exempel är bland annat Hedonisk prissättning och resekostnadsmetoden. Den första sätter ett samband mellan priset på en vara, t ex en villa, och faktorer som buller och avstånd. Resekostnadsmetoden innebär att man genom förfrågningar tar reda på hur långt människor åkt och vilka kostnader de haft för att ta sig till t ex ett naturområde. Direkta metoder är intervjuer och oftast används den s.k. CV-metoden eller *contingent valuation method*. Den innebär att respondenter förfrågas angående deras betalningsvilja för ändrade förutsättningar. Ett problem med metoden är att svaren inte behöver överensstämma med hur de skulle ha betett sig i verkligheten.

Eftersom effekterna av ett projekt ofta infaller vid olika tidpunkter är det lämpligt att genom att räkna i fasta priser rensa bort inflationseffekterna. Det vanligaste sättet är att se på ökningen av KPI. Om nominell BNP ökat med till exempel 6 % och KPI med 4 % under ett år så har BNP i fasta priser ökat med 2 %. För att inte övervärdera framtida effekter diskonterar man dem. Detta är också samma sak som att man räknar på den alternativa användningen av pengarna. Istället för att investera i projektet idag skulle man kunna placera pengarna för att få mer i framtiden. Svaret på frågan om ett projekt är samhällsekonomiskt lönsamt är att om nuvärdet av samtliga fördelar överstiger nuvärdet av samtliga kostnader så är det lönsamt. Valet av ränta har stor betydelse för resultatet, speciellt för mycket långsiktiga projekt. Vägverket, liksom Banverket och Luftfartsverket, använder sig av en real räntesats på 4 %. Internationellt sett ligger räntorna oftast kring 2-6 %. (Mattsson, 2006)

2.5 Varför ska vi värdera naturen?

Miljövärdering har flera decennier på nacken. Trots detta är det fortfarande ett område där utveckling pågår. Det är också ett kontroversiellt ämne. Många, främst icke-ekonomer, hävdar att det är befängt att prissätta miljön och dess tjänster som vilken vara som helst. De flesta ekonomer däremot är överens om att det är nödvändigt även om det råder oenighet angående tillförlitligheten i resultatet. Den ursprungliga anledningen till miljövärdering var möjligheten att inkludera miljöeffekter i kostnads- intäktsanalyser. Det enda sättet att jämföra miljöeffekter från t ex uppförandet av en gruva är att sätta ett monetärt värde på dem eftersom resten av projektet är värderat i pengar. På samma sätt kan man jämföra effekterna av en utsläppskontroll med kostnaderna för utsläppsminskningarna. Under senare år har det även blivit aktuellt att, i syfte att döma de skyldiga, värdera skador på miljön. (Perman et al, 2003)

Det finns viss kritik mot kostnads- intäktsanalyser. En är att man skulle bortse från det som man inte kan ge ett monetärt värde och som skulle vara det viktigaste. Under årens lopp har allt bättre metoder utvecklats för att värdera olika effekter på ett fullgott sätt. Men det finns ännu effekter som inte kan värderas som t ex ”töntfaktorn” vid hjälmtvång. Man kan säga att om de monetära fördelarna överstiger de monetära kostnaderna och de icke- monetära fördelarna överstiger de icke-monetära kostnaderna är projektet lönsamt. Det blir svårare när man inte kan uppskatta kostnaderna. Ett sätt är då att bedöma om summan av t ex ”töntfaktorn” uppgår till skillnaden mellan de monetära fördelarna och nackdelarna.

3 Bakgrund

Detta kapitel ger en bakgrund till problemet. Vart och ett av de olika projekten inom ramen för biogassatsningen i Linköping kommer att redogöras för. Kapitlet börjar med att redogöra för vad biogas är, hur det produceras och hur det används.

3.1 Biogas

Biogas består till största delen av metan (CH_4) och koldioxid (CO_2) samt små mängder svavelväte (H_2S) och ammoniak (NH_3). Metan bildas naturligt i sumpmarker, sjösediment, risodlingar och i vommen på kor genom anaerob nedbrytning av organiskt material. Kontrollerad produktion har skett sedan slutet av 1800-talet främst i Kina och Indien. Sverige har använt tekniken för att stabilisera slam i reningsverk. När man på 1970-talet insåg att oljan är ändlig ökade intresset för biogastekniken och under 1980-talet byggdes flera anläggningar i syfte att utvinna biogas från avfallsdeponier. Efter det har även livsmedels- och matrester börjat användas. Det finns olika tekniker beroende på råmaterialens fysikaliska egenskaper som avgör utformningen av processen. En teknik använder avloppsvatten. En annan använder slamformigt material med upp till 10-15 % torrsubstans³. I en tredje används enbart fast material där torrsubstansen uppgår till 20-25 %. Här ingår t ex hushållsavfall eller växtmateriel. (Svenska biogasföreningen, 2006-10-02)

I Linköpings anläggning används slamformigt material bestående av slakteriavfall och livsmedelsrester. När materialet kommer till anläggningen hygieniseras det genom sönderdelning och uppvärmning till 70°C för att döda de patogena bakterier som kan finnas med. Processen fortsätter genom att materialet förs till en rötkammare, som är en sluten behållare, i ett jämt flöde i mesofil d v s ca $37-38^\circ\text{C}$ där det stannar i 2-3 veckor för att därefter pumpas ut. Gasen stiger uppåt i rötkammaren och forslas genom rör ut ur behållaren. (Svensk Biogas)

Flera faktorer är viktiga för att processen ska flyta på som man önskar. Det som kontrolleras är t ex temperaturen, pH-värdet samt produktionen av och kvaliteten på gasen. Ett kilo torrsubstans ger normalt 0,5 till 1,0 m^3 gas. Gasen som bildats består till ca 40 % av koldioxid och måste därför renas till en metanhalt på ca 96-98 % för att passa som fordonsbränsle. (Svenska biogasföreningen, 2006-10-02.) Det sker genom PSA, Pressure Swing Absorption, där gasen förs in i ett kärl. Under tryckökning tas koldioxiden upp av aktivt kol och sedan sänks trycket åter. Renad gas och koldioxid kan därefter föras åt olika håll. Det åtgår ca ett ton kolpellets per sju år. (Svensk Biogas.)

³ Torrsubstans: det som återstår sedan vattnet avdunstat. (Nationalencyklopedin 2007-02-05)

Efter att materialet processats innehåller det fortfarande all den näring det innehöll från början. I det här stadiet kallas det biogödsel, rötrest eller biomull. En del av kvävet har mineraliserats till ammoniumkväve vilket lättare kan tas upp av växterna. Spridning av biogödsel sker med samma teknik som vid spridning av flytgödsel. För att biogödsel ska accepteras måste kvaliteten vara hög, d v s föroreningar av plast och glas, tungmetaller och andra miljöfarliga ämnen måste vara låg. (Svenska biogasföreningen, 2006-10-02.)

Metan är en växthusgas med 60-80 gånger starkare effekt jämfört med koldioxid. Livslängden däremot är endast 1/20 av koldioxidens (Kullbjer, 1995). En kubikmeter biogas motsvarar en dryg liter bensin. En privatperson som kör 1500 mil per år kan, genom att använda biogas, minska koldioxidutsläppen med ungefär 3600kg.

Vid olyckor är risken för bränder eller explosioner mindre än med bensin och diesel eftersom metan har lägre densitet än luft och därför försvinner fort, samt har en högre flampunkt än de konventionella bränslena. (Svensk biogas, 2006-09-14.)

3.2 Historik

Linköping hade under 1980-talet problem med höga föroreningshalter i innerstadsluften och det fördes diskussioner om hur man skulle lösa problemet. Några förslag som kom upp var duobussar⁴, lättdiesel⁵, etanol och naturgas. Huvudalternativet var duobussar men metan var inte uteslutet pga. att det fanns planer på att dra en pipeline från Göteborg via Jönköping och Linköping till Stockholm. Man hade även en tanke om att utnyttja den gas som finns under Östgötaslätten. En kostnads- intäktsanalys gjordes och den visade att metandrift var det bästa alternativet för Linköpings del. En ledning från Östgötaslätten skulle däremot bli för dyrt. Det bästa var därför att utnyttja den befintliga avloppsanläggningen i Tekniska verkens regi. 1988 drogs projektet "LITA på biogas" under namnet "Prov med biogasdrivna bussar i Linköping" igång efter diskussioner mellan KFB (Kommunikationsforskningsberedningen, dåvarande TFB) och LITA (Linköpings Trafik AB, Norrköping-Linköping Trafik AB och Näckrosbuss AB). Målet var att i jämförelse med den ordinarie dieseldriften undersöka skillnader i driftförutsättningar, ekonomi och operativa förutsättningar. Man ville även identifiera de för- och nackdelar som produktion av biometan innebar och slutligen åtgärda eventuella tekniska problem samt förbereda för en mer storskalig produktion. (Kullbjer, 1995)

3.2.1 De första bussarna

Den 6 mars 1990 beslutade Kommunstyrelsen i Linköpings kommun att 250 000 kr skulle användas till ett försök med biogasdrivna bussar (LK5). År 1992 startade försöket, som inkluderade fem bussar (LK1). Avståndet mellan avloppsanläggningen och bussdepån i Barhäll var för långt, 3 km, för att det skulle vara ekonomiskt att dra en ledning till fem av de 40 bussarna. Lösningen blev att de fem försöksbussarna placerades på området för avfallsanläggningen i Nykvarn. Gasen därifrån består till största delen av metan (65 %), koldioxid (34 %) och spårämnen (1 %). Men för att nå körbarhet på gasen krävs en renhet på

⁴ Duobuss- en trådbuss med förbränningsmotor att användas när elledning inte finns att tillgå (wikipedia 2007-02-05)

⁵ Lättdiesel- dieselolja med relativt lägre svavelhalt och mindre synliga sotutsläpp pga låg kokpunkt vilket å andra sidan ger förhöjda kolväteemissioner. (Åsman 2005)

mer än 85 % och ca 93 % för att optimera den gentemot naturgas. Det finns olika tekniker för rening men projektet valde PSA som beskrivits tidigare. Eventuella miljöeffekter av användning av aktivt kol utreddes inte inom projektet.

Bussarna som användes i projektet var av märket Scania och hade använts fyra till sex år innan ombyggnationen. De hade aktionsradiebehovet 250 km/tankning och 12 tankar á 60 l monterades på olika ställen i chassit på varje buss. Tankstationen lokaliserades ungefär 300 m från reningsverket och via ledning i marken transporterades gasen till tankstationen där bland annat komprimering från mindre än en bar till åtta bar, rening samt ytterligare komprimering till 200 bar skedde. Under projektets gång upptäcktes att vatten ansamlades i ledningen och orsakade en propp eftersom torkning skedde efter transport av gasen. Detta åtgärdades med förbättrad dränering. Metanhalten varierade också men efter intrimning stabiliserades den. Bussarnas körbarhet var under projektets slutfas jämförbar med en dieslbuss det vill säga god. Prestandan upplevdes som annorlunda där bussarna var snabbare från start men svagare vid högre varvtal eller hastighet. På grund av mindre vibrationer i motorn upplevdes gången som tystare och mjukare. Avgaserna hade möjligen en svag sötaktig ton men annars inga märkliga lukter. Förare och passagerare har därför varit endast positiva. Däremot har det varit svårt att kombinera bra körbarhet och låga utsläppsvärden. Detta, samt att beläggning har uppkommit på ventiler, har varit den största utmaningen tekniskt sett. När det gäller säkerhet har andra biogasbussar som brunnit på andra håll haft helt oförstörda tankar trots den enorma hetta som utvecklas. Där gasbussar varit inblandade i krockar har tankarna lossnat och gasen släppts ut, helt enligt planerna. Försöksbussarna i det här fallet råkade inte ut för några incidenter.

Projektet varade i drygt tre och ett halvt år och de utvecklingsbehov som förelåg bestod bland annat i att bättre styra insprutningen, tändpunkten samt bränsle- och luftblandningen vid acceleration och hastighetsminskning samt utforska reningstekniken mer ingående. Låga NO_x-värden på metanet krävs för att avgasvärdena vid drift ska hållas låga. Även reningstekniken var oklar. PSA-tekniken fungerade bra under projektperioden men den är osäker på längre sikt. Man räknade med en avskrivningstid på 8-12 år på reningsanläggningen och 3-5 år på rörliga delar. Uppmärksamheten omkring satsningen var omfattande. Projektet gav stort gensvar runt om i världen. Flera delegationer har besökt Linköping för att ta del av resultaten. Tekniska Verken i Linköping påbörjade i slutfasen av projektet förberedelser för att expandera produktionen. Resultatet av projektet visade bland annat att utsläppen minskat mycket och även kan sänkas ytterligare samt att körbarheten var lika god som hos en dieslbuss. Bullernivån var lägre vilket skapar högre trivsel för chaufför och passagerare. Man lyckades identifiera för- och nackdelar samt klara sig igenom de barnsjukdomar eller inkörningsproblem som uppträdde under projektets gång. (Kullbjer, 1995).

3.2.2 Utökad fortsättning

Slutsatsen var att det är praktiskt möjligt och miljömässigt intressant att driva ett större antal biogasfordon i kommunen. Man räknade med att ett 20-tal fordon initialt skulle kunna drivas av gas och ett 40-tal något år senare. Samtidigt tittade man på hur man skulle kunna upphandla en rötningsanläggning för att producera gasen av slakteriavfall och gödsel. Detta skulle då lösa problemen med det dyra omhändertagandet av slakteriavfall samt ge en mer luktbegränsad spridning av gödsel. (LK1). Tekniska Verken planerade för att kunna försörja 25 bussar vid en tankstation med en ambition att ta den i bruk 1996. (Kullbjer, 1995).

1995 uttalades att kommunen skulle driva projektet med biogasdrivna bussar. Under året därpå hölls förhandlingar med Östgötatrafiken för att trafikera med dessa bussar. (LK2) Tekniska Verken i Linköping AB bestämde samma år att bilda ett bolag tillsammans med Scan Farmek Ek för, Konvex AB och Lantbrukarnas Ekonomi AB i syfte att genom nedbrytning av biologiskt avfall producera biogas, djurfoder samt gödsel. (LK3) Den befintliga biogasanläggningen byggdes 1996 (Svensk biogas).

Under år 1999 beslutas att med 10 miljoner kronor utöka kapaciteten för gasleveranser (LK6). Man började även köra samtliga tätortsbussar på biogas (Personlig kontakt, Lönn). Kommunen fastställde 2001 att det är biogas som kommer att gälla som drivmedel för kollektivtrafiken i kommunen framöver. Man införde även målet att alla fordon som rullar i kommunens regi, alltså såväl ägda som inhyrda, ska drivas av förnybara bränslen år 2005. Ett problem som uppstod rörde bussdepån i Barhäll som man ansåg på sikt var i behov av avveckling pga. dess centrala och störande läge. Ett annat problem var att Linköping Biogas AB gick med förlust. Man hade därför som ambition att öka antalet övriga fordon drivna av biogas. Detta tänkte man kunde genomföras genom krav på biogasdrift i samband med upphandling av bland annat tjänster som färdtjänst, post- och mattransporter och taxiresor. (LK4)

År 2004 invigdes bussdepån vid Kallerstad av dåvarande miljöminister Lena Sommestad. Anledningarna till lokaliseringen var flera. Dels låg den nära biogasanläggningen, dels var det redan ett etablerat industriområde. Man räknade även med möjligheten att så småningom även placera regionalbussarna där och bussdepån byggdes för att klara 100 bussar. Med en utbyggnad skulle den klara 150 bussar. När det gäller avstånd till rutter för tätortsbussar är det ingen skillnad mellan den ursprungliga i Barhäll och den senare. (Personlig kontakt, Lönn 2006)

År 2005 köpte Svensk Biogas AB, som bildats 2004, Swedish Meats andelar i Linköping Biogas AB och man satsade tillsammans med den andra stora ägaren, Tekniska Verken, på att tillverka fordonsgas (Svensk Biogas).

Antalet personbilar som drevs av biogas fördubblades under 2004 från 250 till 500 vilket kan förklaras med det ökade antalet biogasmackar i regionen, från 1 till 11 under samma år. Volymen såld biogas ökade från 700 000 Nm³ till 1 200 000 Nm³. År 2005 såldes 4,7 miljoner kubikmeter biogas i Linköping vilket motsvarar lika många liter konventionella bränslen. Detta innebär att 5 % av marknaden för fordonsbränsle utgjordes av biogas. 12 offentliga biogasmackar fanns år 2006 i Östergötland, Sörmland och Närke. (Svensk biogas, 2006-09-14)

I januari 2006 blev de första biogasbilarna klara att levereras till Linköpings kommun. Det var nio stycken Skoda Octavia som konverterats från bensin- till biogasdrift av Stadspartner, ett systerbolag till Svensk Biogas. (Svensk biogas, 2006-09-14)

Ännu finns inga regionalbussar som drivs av biogas inom Östergötland. Man har dock långt gångna planer på turer mot Ljungsbro och Sturefors som båda ligger ca 10 km från Linköping. I 2009 års upphandling kommer man att börja ställa krav på biogasdrift även när det gäller landsbygdstrafiken. (Personlig kontakt, Lönn 2006)

4 Den empiriska studien

Detta kapitel tar upp vilka data arbetet har givit upphov till och sammanställer dem till en nettonyttä. Den första delen behandlar de kvantitativa effekterna, d v s vilka effekterna är och till viss del hur stora de är. I den andra delen kommer sedan värderingarna av effekterna att visas. Det blir alltså ett försök till monetär uppskattning för att ge en möjlighet till jämförelse. Den empiriska studien beräknar alltså nettonyttan under ett år, nämligen 2006 enligt följande metod:

$$NB^{06}=B_1^{06}+B_2^{06}+B_3^{06}+...$$

$$-C_1^{06}-C_2^{06}-C_3^{06}-...$$

$$+EB_1^{06}+EB_2^{06}+EB_3^{06}+...$$

$$-EC_1^{06}-EC_2^{06}-EC_3^{06}-...$$

Varje term består av ett ”pris” och en kvantitet. Priset sätts ibland på en marknad, men ibland måste det bestämmas med andra metoder såsom de värderingsmetoder som presenterats kortfattat i avsnitt 2.4. Således har vi till exempel

$$B_1=P_{B1} Q_{B1}, C_1=P_{C1} Q_{C1}, EB_1=P_{EB1} Q_{PB1}, EC_1=P_{EC1} Q_{EC1} \text{ och så vidare.}$$

Först kommer dock en diskussion om vilka kostnader och intäkter man kan förvänta sig. Koderna som står efter varje effekt i tabell 4.1 är benämningarna enligt ovanstående där *EB1* innebär miljönytta nummer ett och så vidare. Anledningen till det är att det då blir möjligt att följa nyttorna respektive kostnaderna genom beräkningarna. De benämns på samma sätt både i den första, kvantitativa, delen och i den andra, monetära, delen. De förväntade effekterna med respektive kod står listade i tabellen nedan:

Tabell 4.1 Förväntade kostnader och intäkter

Fördelar	Nackdelar
Bullerminskning (<i>EB1</i>)	Metanutsläpp från produktion (<i>EC1</i>)
Minskade utsläpp av koldioxid och andra ämnen från transporter (<i>EB2</i>)	Kostnader för investeringar i infrastruktur för distribution av gasen (<i>C1</i>)
Arbetsstillfällena (<i>B1</i>)	Kostnader för inköp och underhåll av bussar och sopbilar (<i>C2</i>)
Delaktighet i miljöarbete (<i>B3</i>)	Investering i biogasanläggning (<i>C4</i>)
Mindre användning av konstgödsel (<i>EB3</i>)	Förändring i arbetet för busschaufförer och sopbilsförare (<i>C3</i>)
Minskning av olyckor (<i>B4</i>)	Restprodukter från produktion (<i>EC2</i>)
Marknadsföring av kommunen (<i>B2</i>)	Investering i gödselbehållare (<i>C5</i>)
Minskade transporter av slaktavfall (<i>EB4</i>)	

Det kan förstås uppkomma effekter av biogasprojektet som inte kunnat förutses här. De som upptäckts inom ramen för detta arbete kommer att redovisas. Frågan är vilka effekter som är relevanta i sammanhanget. För att effekterna ska vara relevanta måste de vara relaterade till biogasprojektet och inte ha uppkommit i det fall projektet inte skulle ha genomförts. De uppräknade effekterna ovan är förväntade pga. karaktären på projektet. Det är ett fossilt bränsle som bytts mot ett förnybart. Man kan då förvänta sig att nettotillförseln av koldioxid

till atmosfären blir noll. Dessutom är det rimligt att anta att det nya bränslet ger mindre utsläpp i form av partiklar, NO_x och SO_x då gasen innehåller mindre andelar av nämnda ämnen än bensin. Drift med biogas är en ny teknik som inte har i närheten så många år av utveckling som konventionell förbränningsteknik. Detta medför med största sannolikhet högre kostnader för inköp, utveckling och drift.

Slaktavfall som används i rötningen har en alternativ användning. Frågan är om dagens användning innebär en kostnad eller intäkt i förhållande till alternativet. Resterna från rötningen, biogödsel, forslas till omkringliggande lantbruk. Där kan man tänka sig att biogödslet ersätter hela mängden konstgödsel. Det skulle möjligen kunna ge lägre kostnader för lantbrukarna men även ett mindre läckage av näringsämnen. Denna lösning, där lokalt avfall används två gånger om, först genom biogasproduktion och sedan som gödsel, inom en begränsad region, kan också ha gett en minskning av transportmängden.

En förmodligen betydande effekt, men avsevärt svårare att bedöma än andra effekter, är den marknadsföring projektet gett staden Linköping. Som tidigare nämnts har satsningen på biogas gett eko världen över och uppmärksamheten har varit stor.

Efter dessa översiktliga kommentarer går vi så nu över på mer detaljerade beräkningar.

4.1 Kvantitativa effekter

4.1.1 Tunga fordon

I och med att den nya bussdepån byggdes har backningsolyckorna eliminerats då bussarna endast körs framåt. Varje buss har sin egen parkeringsplats med tankningsanordning vilket underlättar för förarna. En skillnad mot dieselbussar är att tvärstoppen, d v s när de går sönder under färd, ökat. En dieselbuss brukar gå att driva behjälpligt men en biogasbuss går inte att få igång igen, beroende på den komplicerade elektroniken. Detta sker nu ca 1-2 gånger per månad och innebär att bärgningsbil samt ersättningsbuss måste tillkallas. Det innebär också ett störningsmoment för passagerarna. Hittills har bussarna varit konverterade dieselbussar men från och med månadsskiftet oktober/november 2006 kommer de nyinköpta att vara från början byggda biogasbussar. Detta kommer förmodligen att ge bättre kvalitet på motorerna och kanske färre tvärstopp. Bussarna får, enligt avtal, ha en maxålder på 12 år och ca 10 % av flottan, som består av 57 bussar, byts ut varje år. (Personlig kontakt, Eriksson 2006)

För tunga fordon, särskilt äldre med oregelbunden service, släpps en viss del metan ut ur biogasfordon under förbränningen pga. av katalysatorns avtagande förmåga. I jämförelse med dieselfordon kan klimatnyttan dock vara 50-90 % för tunga fordon med biogasdrift. (miljöfordon.se 2006-10-02)

Uppgifter enligt tabell 4.1 har använts i beräkningarna av utsläppsmängderna från diesel- respektive bensinfordon. Värdena i tabell 4.1 kommer från Svensk Biogas och visar hur många kg av respektive förorening som en liter fossilt bränsle eller en normalkubikmeter gas orsakar.

Tabell 4.2 Utsläppsmängder (Svensk biogas)

	Biogas	Diesel	Bensin
Fossilt CO ₂ (kg/l, Nm ³):	0,02	2,35	2,4
NO _x (g/l, Nm ³):	0,91	8,64	1,5
SO _x (mg/l, Nm ³):	34,4	569	823
Partiklar (mg/l, Nm ³):	58,9	782	137

Med hjälp av ovanstående siffror har de totala utsläppsminskningarna uppskattats enligt tabell 4.2. Här har antagandet att ett genomsnittligt tungt fordon drar 5 liter diesel per mil och en personbil 1 liter bensin per mil gjorts. Beräkningarna baseras på Svensk Biogas kalkyler att det åtgår en Nm³ per mil, att antalet körda mil på biogas under år 2006 uppgick till 7 200 000 och att 38 % av gasen går till personbilar (alltså i utbyte mot bensin) och 62 % går till tung trafik (i utbyte mot diesel). Beräkningarna har sedan skett så att mängderna av respektive förorening för diesel och bensin har summerats. Därefter har mängderna av utsläppen från biogas subtraherats för att få den besparade mängden.

Tabell 4.3 Total besparing av respektive utsläpp då biogas används istället för diesel och bensin. (Egen tolkning av kalkyl från Svensk biogas)

	CO ₂ (kg)	NO _x (kg)	SO _x (kg)	Partiklar
Diesel (tunga fordon) (5 lit/mil)	+52 452 000	+192 800	+12 700	+17 500
Bensin (lätta fordon) (1 lit/mil)	+6 566 400	+4 100	+2 300	+370
Biogas (1 m³/mil)	-144 000	-6 600	-248	-424
Besparing	58 874 400	190 300	14 752	17 446

Som nämnts i historikdelen ovan upplevs biogasbussarna som tystare och med mjukare gång än dieselbussarna. Avgaserna luktar inte något särskilt. En annorlunda körstil krävs för att accelerera men detta är inget som upplevts som negativt. Sammantaget har både förare och passagerare varit nöjda. (Norrman et al 2005)

När det gäller buller har mätningar skett på tre olika sätt. De två bussar som jämförts är Scantias dieselbuss Maxi och Volvos biogasbuss B10L. Det första sättet att mäta är när bussen passerar hållplats i 50 km/h. Bullernivån är då en dB(A) lägre för biogasbussen, det vill säga 68 dB(A) istället för 69 dB(A). Den andra mätningen har skett inne i bussen vid en hastighet av 50 km/h. Bullernivån ligger då på 67 dB(A) istället för 70 dB(A). Slutligen har en mätning genomförts vid hållplats när bussen går på tomgång. Där bullrar biogasbussen mer än dieselvarianten, 61 respektive 60 dB(A). Svensk biogas räknar med att 109 929 personer utsätts för buller ombord varje år och 219 875 vid hållplats. Dessa siffror kommer från antalet passagerare i stadstrafiken. Hur många som är utsatta när bussen passerar hållplats är nästan omöjligt att avgöra. Men i dessa beräkningar antas att lika många som färdas ombord även störs av minst en passerande buss under väntan på den egna bussen. Detta innebär att 109 929 personer utöver de 109 929 som reser varje år utsätts för bullret av en passerande buss. (Svensk biogas)

Linköpings kommun har i sin upphandlingspolicy beslutat att renhållningsfordonen måste drivas på biogas. Detta innebär att 12 % av den totala produktionen av biogas går till sopbilar. (Svensk Biogas) Något som förarna upplever som negativt är att räckvidden är för kort, endast 17 mil. Dessutom går bilarna ojämnt och är svagare än dieslbilar. (Personlig kontakt, Thalén, 2006)

Sammanfattning:

Eliminerade backningsolyckor vid bussdepån (B4). Ökat antal tvärstopp under färd (C3). Minskade utsläpp av koldioxid 58 874 400 kg, svaveloxid 14 752 kg, kväveoxid 190 300 kg samt partiklar 17 446 kg (EB2). Inga utsläpp av fossilt koldioxid. Lägre bullernivåer vid passage av hållplats, -1 dB(A), och inuti bussen, -3 dB(A), men däremot högre buller vid tomgång, + 1 dB(A) (EB1). Minskad räckvidd, ojämn och svagare motor (C3).

4.1.2 Personbilar

Ett problem med bilarna är att de inte kommer så långt på en tankning. Detta är något som man förmodligen får leva med. Tanken kan inte bli mycket större utan att inkräkta på lastutrymmet och trycket kan inte ändras, då standarden är utbredd i stora delar av världen där biogasanvändningen är flera gånger större än i Sverige. (Svensk Biogas.)

Det finns idag inte kunskaper om biogasens totala klimatpåverkan. Men bidraget till växthuseffekten minskar förmodligen med 70-95 % vid biogasdrift i jämförelse med bensindrift när det gäller lätta fordon. (miljöfordon.se 2006-10-02)

Det finns i kommunen totalt 1200 personbilar drivna av biogas, både privata och i kommunal drift. Där är fördelningen av såld biogas ungefär lika mellan taxibilar och andra fordon. Enligt Svensk Biogas släpper en bil som körs på bensin ut 120 gånger mer CO₂ än en som drivs av metan. När det gäller NO_x är skillnaden 1,6 och när det gäller SO_x och partiklar är skillnaderna 23,9 respektive 2,3. (Svensk Biogas)

Linköping har sedan länge haft en bilpool för anställda. Sedan den första oktober 2006 är det ett privat företag som driver den, Sunfleet Carsharing, med enbart biogasbilar. Cirka 25 bilar finns parkerade i närheten av Stadshuset och det är även möjligt för allmänheten att hyra dem. (linköpingstidning.se 2006-11-09). Det kommunala bostadsbolaget Stångåstaden har även genom bilpoolen tillgång till två bilar och vid Tekniska verken finns sju stycken. Allt som allt finns det i slutet av 2006 34 biogasbilar i bilpoolen i Linköping. Stångåstaden körde mellan 1/11 2005 och 31/10 2006 63 543 km. Fördelat på två bilar ger det ca 31 700 km per bil och år. (Personlig kontakt, Malmström, 2006).

Kommunens bilpool är helt ny och därför finns i dagsläget endast uppgifter från oktober till mitten av november. Enligt Linköpings kommuns uppgifter kördes under oktober månad 2006 32 411 km inom kommunens regi. Mellan 1 och 13 november, 2006 kördes 7838 km. (Linköpings kommun november 2006). Effekterna av detta är inkluderade i utsläppsberäkningen i förra avsnittet och beräknas därmed inte separat.

Sammanfattning:

Minskad räckvidd med gasdrift (C3). Minskade utsläpp av koldioxid, kväveoxider, svaveloxider och partiklar enligt 4.1.1 (EB2).

4.1.3 Slaktavfall

Det avfall som Svensk Biogas använder kommer delvis från köttindustrin och levereras inte bara från Linköpings närområde utan också från Swedish Meats slakteri i Uppsala. De fraktar även gödsel/slam från Skara. För detta betalar Swedish Meats en mottagningsavgift till Svensk Biogas. Om avfallet inte hade gått till metanproduktionen hade det förmodligen använts till pälstdjursfoder. (Personlig kontakt, Göransson, 2006)

Om slaktavfallet gått till pälstdjursfoder så hade det med största sannolikhet transporterats till södra Sverige med betydligt högre kostnader som följd. Mängden slaktavfall som Svensk Biogas tar emot är 34.2 tusen ton vilket motsvarar 76 % av allt mottaget material. 17 % eller 7.6 tusen ton kommer från livsmedelsindustrin och det kan vara t ex mjölk, sylt, choklad mm. (Svensk Biogas)

Sammanfattning:

Minskade transporter på grund av att slaktavfallet från Mellansverige går till Linköping istället för till södra Sverige (EB4).

4.1.4 Lantbrukare

Biogödsel ersätter både konst- och naturgödsel. Det är lite tunnare och är därmed mindre regnberoende när det sprids från flytgödseltunna med slangar eftersom det lättare rinner ner mellan grödan, som kan vara upp till två decimeter. Även bredspridare kan användas när marken ska bearbetas efter gödsling. Att biogödslet kan spridas med samma metoder som ”vanligt” gödsel innebär att inga förändringar krävs. Biogödsel har störst effekt på spannmålgårdar utan djur. Detta beror på att gårdar med djuruppfödning kan använda eget gödsel på markerna. Biogödsel höjer jordens värde betydligt mer på spannmålgårdar genom att det är strukturförbättrande samt innehåller lättillgängligt kväve och fosfor. En fördel kan vara att lantbrukarna får känna sig mer delaktiga i det naturliga kretsloppet. Vad allmänheten har för uppfattning är oklart. Eftersom spridningen av gödsel är säsongsbunden men produktionen av biogödsel inte är det får lantbrukarna bidrag för att bygga förvaringsbehållare, så kallade svämmor. (Personlig kontakt Madsen, 2006) Bidraget som lantbrukarna får för att bygga gödselbrunnar kan vara upp till 50 % av kostnaden för närliggande gårdar och sedan avtagande med avståndet till biogasanläggningen i syfte att minska transporterna. Det finns 35 lantbruk som har kontrakt med Svensk Biogas och storleken på svämmorna varierar från 100 m³ och uppåt mot förmodligen 2000 m³. (Svensk Biogas).

En gård med djurbesättning har ett utbyte med Svensk Biogas där kogödsel forslas till produktionsanläggningen och biogödsel kommer tillbaka. Lantbruket levererar gödsel till en mängd av 3 200 ton vilket motsvarar 7 % av allt avfall som Svensk Biogas tar emot. Samma lantbrukare mottar även biogödsel i utbyte. Återleveranserna av biogödsel sker till 35 olika lantbruk. Tack vare en noggrann kvalitetssäkring är problemet med skräp och föroreningar obefintligt eller mycket litet. Genom att endast ta vommen från korna undviker man att få med föroreningar, som t ex taggtråd och aluminiumburkar som kon har ätit. Det åtgår 25 ton biogödsel per hektar till skillnad mot 400 kg konstgödsel. Men trots denna stora skillnad ersätter 1 ton biogödsel 120 liter olja på grund av de mängder som går åt vid framställningen av konstgödsel. Av varje ton mottaget avfall produceras ca 920 kg biogödsel. Detta innebär att av de 45 000 ton avfall som mottas varje år bildas ungefär lika många ton biogödsel vilket

i sin tur ersätter 4 968 000 liter olja. Transporterna av gödsel sker med biogas. (Svensk Biogas) En schematisk bild över flödena i biogasprocessen visas i diagram 4.1 nedan.

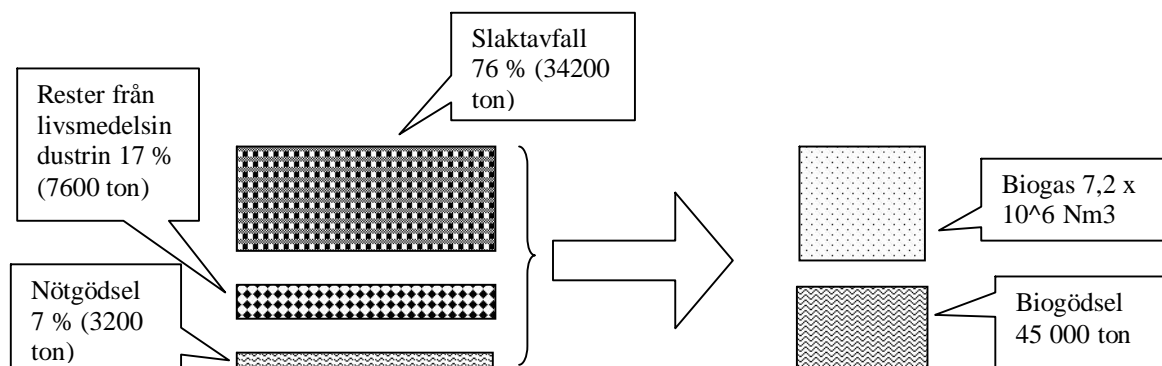


Diagram 4.1: Flödesschema över input och output samt mängder. (Egen tolkning)

Sammanfattning:

Näringsämnen i biogödslet är mer lättillgängliga än vad som är fallet med naturgödsel och medför bättre jordstruktur. I och med den stora mängd olja som krävs vid framställningen av konstgödsel innebär bruket av biogödsel en besparing på 4 968 000 liter olja årligen vilket förmodligen ger en stor nettoreduktion av CO₂ till atmosfären. Hur detta går till samt vilket monetärt värde detta har är dock oklart (EB3). Delaktighet i miljöarbete (B3). Investeringar i förvaringsbehållare, svämmor, för biogödslet (C5).

4.1.5 Biogasproduktion

Sedan år 2000 har produktionen i Linköping ökat stadigt från 3 325 000 Nm³ till 7,2 miljoner Nm³ år 2006. Svensk Biogas beräknar att produktionen kommer att öka fram till 2008-2009. Sedan är den maximala produktionskapaciteten, som ligger på 9 miljoner m³, på anläggningen i Linköping nådd. För år 2007 tror man på 8,4 miljoner m³ och till 2008 tror man att produktionen blir 8,7 miljoner m³. Svensk Biogas strategi är att utöka nätet av biogasproduktion och distribution till de omkringliggande städerna Norrköping, Motala, Katrineholm och Örebro. Detta kommer att innebära att anläggningarna blir mer lokalt anknutna och att Linköping inte behöver försörja hela regionen men däremot kan ta del av vinsten. Nu görs transporter till omkringliggande städer med dieseldrivna fordon. Av årets totala gasproduktion säljs 4,8 miljoner m³ i Linköping. Detta innebär att 2,6 miljoner m³ såldes i omkringliggande städer under 2006. Enligt beräkningar i bilaga 1 ger transporter av detta utsläpp av ca 92 ton CO₂, 30 kg SO_x, 600 kg NO_x, 72 kg VOC och 12 kg partiklar. Men då det är osäkert vad dessa transporter ersätter ingår inte dessa siffror i beräkningen. Biogasen ersätter förmodligen någon form av fossilt bränsle och även detta måste transporteras på något sätt.

Till reningen av gasen används aktivt kol. Ca ett ton byts ut vart sjunde år. Det är oklart vart det tar vägen efteråt och om det har någon miljöpåverkan. Ett visst metanläckage sker från

biogasanläggningen. Det uppgår till några procentenheter i relation till hela produktionen och blir därmed 144 000 m³ under 2006.

Produktion och distribution av gasen har gett 25 arbetstillfällen på Svensk Biogas och tre chaufförer. Dessutom tillkommer konsulter för olika uppdrag och 20-30 personer till de nya tankstationerna. Allt som allt har biogassatsningen gett 40-50 årsanställda. (Svensk biogas)

Sammanfattning:

Aktivt kol används till reningen av gasen. När det är förbrukat kasseras det och mängden utgör ungefär ett ton vart sjunde år (EC2). Metanutsläpp från produktionen utgör 144 000 m³ under 2006 (EC1). Verksamheten i och kring biogasanläggningen genererar 40- 50 årsanställda (BI).

4.1.6 Sammanfattning

Sammanfattningsvis har biogasprojektet i Linköping gett följande kvantitativa effekter under 2006:

Tabell 4.4 Kvantitativa effekter av biogasinvesteringarna.

Positiva	Negativa
Färre eller inga olyckor vid bussdepån (B4)	Kortare räckvidd för personbilar och renhållningsfordon (C3)
Tystare bussar ca 1 resp. 3 dB(A) (EB1)	Fler tvärstopp bland bussarna 1-2 ggr/månad (problemet försvinner med nya bussar?) (C3)
Lantbrukare delaktiga i kretsloppet (B3)	Ojämn gång och svagare motor hos renhållningsfordon (C3)
Minskade utsläpp med ca 58 870 ton CO ₂ , 17,8 ton SO _x , 190 ton NO _x och 17,5 ton partiklar (EB2)	Högre buller vid tomgång ca 1dB(A) (EC3)
Undvikande av slaktavfallstransporter till södra Sverige (EB4)	Förbrukat aktivt kol, 1 ton vart 7: e år (EC2)
Ersättning av konstgödsel motsvarande 4 968 000 liter olja (EB3)	Investering i svämmor (C5)
40-50 årsanställda (BI)	Utsläpp av metan från produktion 144 000 m ³ (EC1)

4.2 Monetär värdering

Under den här rubriken kommer en monetär värdering av effekterna att redovisas i den mån det är möjligt. Många av effekterna är svåra att bedöma beroende på deras natur. I en del fall finns det inte redan gjorda värderingar och i andra fall är det på grund av brister i den kvantitativa värderingen omöjligt att sätta ett tillförlitligt värde.

4.2.1 Rötningsanläggningen

Biogasanläggningen kostade totalt 130 miljoner kronor (Svensk biogas). 2006 års kostnad beräknas utifrån annuitetstabellen i bilaga 2 samt justeras för inflation enligt bilaga 2. Livslängden har satts till 15 år och räntan till 5 %. Kostnaden för år 2006 blir enligt beräkningar 13 904 800 kronor. Den totala kostnaden har helt enkelt multiplicerats med värdet i annuitetstabellen för $n = 15$ och $r = 0,05$. Kostnaden för metanläckaget från produktionen är oklar.

Kostnaden för utsläppen från gastransporterna till omkringliggande städer uppgår enligt beräkningar i bilaga 2 till ca 270 000 kronor. Enligt dem har ett snittavstånd till städerna beräknats. Det har sedan dubblerats för att även ta returresan i beaktande. Då det enligt uppgifter från Svensk biogas säljs 2,6 miljoner kubikmeter gas i de berörda städerna och en transport kan ta 5000 kubikmeter innebär det 520 transporter per år, vilket ger ca 80 tusen km per år. Sträckan har sedan multiplicerats med värdena i tabell 4.1 för att erhålla mängden utsläpp och med värdena i tabell 4.3 för att erhålla det monetära värdet på utsläppen. Detta tas dock inte upp i slutresultatet då det är osäkert vad dessa transporter ersätter. Eftersom biogasen förmodligen ersätter diesel och bensin så krävs det transporter även för de fossila bränslena, då dessa städer inte har någon egen oljeproduktion.

Sammanfattning:

Investering i biogasanläggning 13 904 800 miljoner, under antaganden att prisindex är 1996, räntan 5 % och livslängden 15 år, enligt beräkning i bilaga 2 (C4).

4.2.1 Bussar

Det första försöket med biogasbussar kostade 250 000 sek och startade som nämnts tidigare 1992 (LK5). Den nya bussdepån kostade allt som allt 135 miljoner i investeringar. Då den förmodligen skulle ha byggts även om kommunen inte hade satsat på biogasdrift kan den inte inkluderas i beräkningarna. Eftersom den ligger där den ligger innebär det inga extra kostnader när det gäller transporter till och från depån.

Kostnaden för själva driften av depån är ca 10 % högre än med konventionella bussar. Detta innebär 10-15 miljoner kronor extra varje år. (Personlig kontakt, Lönn)

Enligt stycke 4.1.1 utsätts 109 929 personer för buller ombord, 219 875 vid hållplats och uppskattningsvis 109 929 personer för bullret av passerande bussar. Tabell 4.3 nedan visar värderingen av bullerminskningen/-ökningen av diesel- jämfört med biogasdrift i kronor per utsatt och år. Dessa värden kommer direkt från Svensk Biogas och det är oklart hur de har räknats fram.

Tabell 4.5 Värdering av bullerföroreningar från diesel- respektive biogasbuss på olika platser (Svensk Biogas)

Värdering (kr/utsatt och år)		
	Diesel	Biogas
Passerar hållplats, 50 km/h	2230	1850
Ombord, 50 km/h	6780	3920
Hållplats, tomgång	700	780

Beloppen i tabellen multipliceras sedan med antalet drabbade vilket ger att vinsten av bullerminskningen från passerande bussar blir 41 773 020 per år. Vinsten av bullerminskningen ombord beräknas till 314 395 714 kr per år. Bullret som uppstår vid tomgångskörning blir en förlust på 17 588 571. Totalt blir vinsten av bullerminskningen 338 580 163 sek per år. (Svensk Biogas) Då dessa siffror är mycket osäkra samt innebär en mycket tung post i slutberäkningen görs en känslighetsanalys i bilaga 2.

Sammanfattning:

Enligt beräkningar i bilaga 1: årskostnad av det första försöket 29 455 kronor (C6). Årlig extra driftskostnad för depå och bussar 12,5 miljoner kronor (CI). Bullerminskning värd 338 580 163 kronor (EB1-EC3).

4.2.2 Bilkörning

Den värderingsgrund som Svensk Biogas använt sig av kommer från SIKA (Statens Institut för Kommunikationsanalys). SIKA använder sig av den s.k. Impact Pathway-ansatsen vilken baseras på värdet av påverkan av föroreningar på hälsa och grödor. Övriga skador på naturen är svåra att fastställa och ingår inte i den här metoden. För att beräkna hälsopåverkan använder man en kombination av spridningsmodeller och befolkningsdata i syfte att ta reda på människors exponering av föroreningar. Det är sedan möjligt att med hjälp av exponerings-responssamband från medicinska studier bestämma effekterna av exponeringen. Ekonomiska studier av dessa ger slutligen monetära värden. För grödor räknar man i modellen med föroreningarna SO₂ som försurar jordbruksmark samt påverkar tillväxten, nitrat som fungerar som gödningsmedel och ozon, bildas av NO_x och NMVOC (flyktiga organiska föroreningar utom metan), som påverkar tillväxten. (Nerhagen et al 2005) Utsläppen från olika drivmedel värderas enligt tabell 4.6 nedan.

Tabell 4.6 Värderingsgrund (Svensk Biogas)

	SIKA värdering	
Fossilt CO ₂	1,5	kr/kg
NO _x	49	kr/kg
SO _x	147	kr/kg
Partiklar	3400	kr/kg

Biogasproduktionen fördelar sig som så att 38 % går till personbilsbränsle och resten, 62 %, går till bussar och lastbilar (Svensk biogas). Utifrån utsläppsmängderna som redovisats

tidigare i tabell 4.3 beräknas därmed värdet av minskningarna med hjälp av tabell 4.6 ovan. Totalt sett ger det en besparing på 158 980 516 kronor. Liksom i avsnitt 4.1.1 har kostnaderna för utsläpp från bensin och diesel summerats och kostnaden för biogasutsläppen subtraherats för att erhålla den totala besparingen. Detta illustreras i tabell 4.7 nedan.

Tabell 4.7 Total utsläppsvärdering för år 2006 (efter kalkyl från Svensk Biogas)

	CO ₂ (kr)	NO _x (kr)	SO _x (kr)	Partiklar (kr)	Besparing
Diesel (tungt fordon)	78 678 000	9 449 395	1 866 912	59 344 416	+149 338 723
Bensin (lätta fordon)	9 849 600	201 096	331 004	1 274 422	+11 656 122
Biogas	-216 000	-321 048	-36 409	-1 441 872	-2 015 329
Besparing	88 311 600	9 329 443	2 161 507	59 176 966	158 980 516

För taxiföretagens del innebär biogasdriften förmodligen inte någon merkostnad. Bränslet är billigare och leasingavtal gör att de slipper dyra inköpskostnader. Dessutom kan biogasdriften vara ett konkurrensmedel gentemot konventionella taxibilar. Däremot kan det vara så att leasingavtalen är dyrare på grund av biogasdriften. Hur det ligger till är oklart. (Personlig kontakt, Lönn). Det finns vid tågstationen i Linköping speciella taxifickor för biogasdriva sådana vilket medför att kunder aktivt kan välja drivmedel (Linköpings kommun).

Sammanfattning:

Total insparad miljökostnad från utbytt bensin- och dieseldrift 158 980 516 kronor (EB2).

4.2.3 Renhållningsfordon

Skillnaden mellan en konventionell diesellastbil och en biogaslastbil är ungefär 300 000 kr mer för biogasbilen i inköp. När det gäller driftskostnaderna ligger serviceintervallen tätare för en biogasbil och är dessutom dyrare. Det är framförallt tändstiften som är dyrare samt att de drar mer bränsle. Totalt hamnar driftskostnaderna omkring 50 % högre för en biogaslastbil. (Personlig kontakt, Thalén) En vanlig sopbil har en investeringskostnad på ca 1,3 miljoner sek. Underhållskostnaden ligger på 5 % av detta, alltså ungefär 65 000 sek. (Ramirez 2001) Detta innebär att de extra kostnaderna på grund av biogasdrift hamnar på ca 97 500 sek då 65 000 multiplicerat med 0,5 blir 32 500. Ragnsells kör nio stycken sopbilar inom Linköpings kommun. Det innebär en total årlig merkostnad enbart för driften på 292 500 kr (Personlig kontakt Thalén 2007). Den extra kostnaden för inköp av biogaslastbilar har beräknats genom att den extra inköpskostnaden multiplicerats med antalet bilar, det vill säga nio. Produkten har sedan i sin tur multiplicerats med annuitetsvärdet för 5 % och 10 år och blir 349 650 kr. Resonemanget beskrivs mer utförligt i bilaga 2. Det slutgiltiga värdet för år 2006 blir 349 650 plus 877 500 det vill säga 1 227 150 kronor för merkostnaden av att köra renhållningsfordonen på biogas i kommunen.

Sammanfattning:

Merkostnad för inköp av biogaslastbilar 349 650 kronor enligt beräkningar i bilaga 2 (C2). Merkostnad per år för drift av biogaslastbilar 292 500 kronor (C7).

4.2.4 Biogödsel

När det gäller de 35 svämmorna så varierar storlekarna på dem, som sagt, från 100 m³ och uppåt. Priset för en svämma på 2000 m³ ligger omkring 375 000 kr. Det är dock oklart hur många av de olika storlekarna som finns och hur stora kostnaderna är för de olika storlekarna. Ingen uppskattning av investeringskostnaderna kommer därför att ske.

4.2.5 Sammanfattning

Priserna har justerats för inflation genom konsumentprisindex, KPI (Statistiska Centralbyrån). Se vidare bilaga 2 för uträkningar samt tabeller i bilaga 3 för de prisindex och annuiteter som använts. För år 2006 ser fördelarna och nackdelarna ut som följer:

Tabell 4.8 Monetära effekter av biogasinvesteringarna.

Fördelar 2006		Kostnader 2006	
Bullerminskning (EB1-EC3)	338 580 163	Invest i biogasanläggning (C4)	13 904 800
Utsläppsminskning (EB2)	158 980 516	Merkostnad depå- och bussdrift (C1)	12 500 000
Färre eller inga olyckor vid bussdepån (B4)	+	Merkostnad inköp sopbilar (C2)	349 650
Undvikande av slaktavfall till södra Sverige (EB4)	+	Merkostnad sopbilsdrift (C7)	292 000
Ersätter konstgödsel och därmed olja (EB3)	+	Investering i 1: a försöket (C6)	29 455
Lantbrukare delaktiga i kretsloppet (B3)	+	Kortare räckvidd för fordon (C3)	-
40-50 årsanställda (B1)	+	Ojämn gång och svagare motor hos renhållningsfordon (C3)	-
Marknadsföring av Linköpings kommun (B2)	+	Tvärstopp bland bussarna 1-2 ggr/mån (C3)	-
		Förorenat aktivt kol (EC2)	-
		Investeringar i svämmor (C5)	-
		Metanutsläpp från produktion (EC1)	-
Summa	497 560 679		27 076 405

Ett varningens finger skall höjas redan här. Resultatet ska tas med en stor nypa salt då det är många poster som saknas och på grund av de antaganden som gjorts i beräkningarna. En känslighetsanalys visas i bilaga 2 där bland annat bullervärderingen justerats. Den visar bland annat att även om värdet av bullerminskningen skulle halveras så blir resultatet ändå till fördel för biogasen.

5 Analys och Diskussion

I det här kapitlet jämförs resultaten med teorin. Finns det skillnader och vad innebär de i så fall? Vilka är likheterna? Kapitlet inleds med en jämförelse mellan teori och resultat för att avslutas med en diskussion om resultatet.

5.1 Teorin och resultatet

I teoridelen av detta arbete nämndes kollektiva och privata varor och i samband med de begreppen även rivalitet och exkluderbarhet. En kollektiv vara som förekommer i detta arbete är luften, eller snarare luftkvaliteten. Det är en vara som alla har lika stor del av och där någons användning inte utesluter en annans. Det råder inte heller någon rivalitet om den. De privata varorna är främst biogasen där någons användning utesluter andra från att använda samma kubikmeter gas. Det finns en begränsad mängd gas vilket medför rivalitet om den.

Biogasprojektet har medfört en påverkan på miljön i form av mindre utsläpp, lägre buller och mindre användning av konstgödsel. Dessa benämns enligt teorin som *environmental benefits*, *EB*. Men även nackdelar, *EC*, förekommer i form av lukt från biogödsel och själva produktionsanläggningen. Dessa verkar dock vara av marginell betydelse. Icke-miljödefinierade kostnader och intäkter, *B* och *C*, är i projektet de investeringar som gjorts i produktionsanläggningar, biogasbussar och andra biogasfordon. En annan fördel är marknadsföringen av kommunen genom det globala intresse som projektet rönt.

De miljömässiga kostnaderna och intäkterna kan, som tidigare nämnts i kapitel fyra, indelas i användarvärde och existensvärde. Användarvärde kan i det här fallet vara att andas renare luft eller att utstå lägre bullernivåer. Det är alltså vad konsumenten hade tänkt använda miljötjänsten till. Framtida biogasförsäljning kan vara ett "framtida värde", eller existensvärde, d.v.s. något man vet att man kommer att ha nytta av i form av en renare värld eller mindre oljeberoende. Dessa värden är dock inget som har mätts i det här arbetet utan detta är snarare en teoretisk diskussion.

När det gäller nuvärdesberäkningarna har inte den nämnda formen använts utan en annuitet. Principen är dock densamma att en engångskostnad sprids över tiden för att belasta alla de år den ekonomiska livslängden utgör. Inte heller har den aggregerade nettokostnaden beräknats utan endast ett år av alla gällande. Detta är dock en del av den totala uträkningen och därmed ett första steg i en kostnads- intäktsanalys.

I teorin presenterades även WTP och WTA som ett sätt att värdera miljöeffekter. Att beräkna dessa har inte ingått som en del i den här uppsatsen utan redan färdiga värderingar har använts, som till exempel värdena på luftföroreningar och buller. Detta är dock inte helt problemfritt. De metoder som värderingarna baseras på är visserligen allmänt vedertagna men innebär inte därmed att de är optimala. Ett problem med denna värderingsmetod av luftföroreningars konsekvenser är enligt Nerhagen et al (2005) att den inte tar med alla parametrar såsom effekter på ekosystem då kunskaperna om dessa är bristande. Detta är alltså något man måste vara medveten om.

Sammantaget kan man säga att det finns en poäng med att ta fram och belysa miljöeffekterna av ett projekt som detta. I många fall är det endast de rent ekonomiska aspekterna som presenteras. Det innebär att man missar många viktiga konsekvenser. I just fallet med Linköpings satsningar på biogas kan ett motiv med en miljövärdering vara att rättfärdiga investeringarna som kan ses som onödigt dyra i jämförelse med andra alternativ. Det kostar

ljuset på de effekter som inte är uppenbara vid en första anblick och kan därmed skapa förståelse för projektet.

5.2 Diskussion

Vissa kvantitativa effekter har inte beräknats monetärt. Dessa har endast markerats som plus- eller minusposter. Ett exempel på det är den besparing av olja som härstammar från den minskade konstgödselanvändningen. Det är mycket svårt att uppskatta hur mycket den besparingen är värd. I den slutgiltiga summan är det dock viktigt att ha även sådana effekter i åtanke.

Metanläckaget från biogasanläggningen uppgår som tidigare nämnts i avsnitt 4.1.5 till några procentenheter i jämförelse med hela produktionen. Hur stor den miljömässiga kostnaden för det är oklart. Anledningen, som antytts i resultatet, till att kostnaderna från biogastransporterna inte tas med i den slutgiltiga summan är dels att det råder en viss osäkerhet angående sträckornas längd men främst att de förmodligen ersätter transporter av bensin och diesel vilka även de ger utsläpp. Det är högst osäkert i vilken mån detta sker. Man kan anta att konventionella bensin- och dieseltransporter sker med en större effektivitet då mängden är avsevärt större. I det fallet skulle gastransporterna ge ökade utsläpp gentemot 0-alternativet. Men hur stora de skulle vara uppskattas inte i den här uppsatsen.

Bullerminskningen och -ökningen är förstas en känslig del. Den ger ett enormt stort avtryck i beräkningen. Frågan är hur noggrann den värderingen är. För det första är själva mätningen förmodligen något osäker, men man kan dock tänka sig att resultatet ligger i närheten av det i uppsatsen framräknade. Sedan är problemet värderingen av varje minskad decibel. Det är oklart var den kommer ifrån och hur den är gjord. Finns det i dessa steg några fel så innebär en felräkning av antalet drabbade att felet i slutändan kan bli kraftigt. Den monetära värderingen av en decibels ökning eller minskning borde också vara svår att uppskatta. Resultatet bör därför tas med försiktighet. Om man i en eventuell känslighetsanalys skulle bortse från bullereffekterna just på grund av den stora osäkerheten blir resultatet ändå kraftigt positivt och det enbart tack vare det höga värdet på utsläppsminskningarna.

Det är alltså svårt att bedöma vissa effekter i monetära termer. Ytterligare ett exempel är Linköpings kommuns uppmärksamhet i omvärlden. Andra exempel är invånarnas känsla av att bidra till ett bättre klimat eller en renare stad. Detta är något som inte tidigare nämnts och det kanske med rätta. Det finns ingenting som visar på sådana effekter. För dem som reser kommunalt är det ingen skillnad i själva resandet mot dieseldrift i den bemärkelsen att det skulle gå fortare eller smidigare. Bullernivåerna är dock med i beräkningarna.

Det är inte heller helt klart vilka investeringar som är relevanta i sammanhanget. När det gäller bussdepån är det oklart om det verkligen innebär någon merkostnad då den gamla depån i Barhäll var uttjänt och i behov av förflyttning på grund av bland annat ljudföroreningar. En ny depå hade kanske byggts ändå utan biogasdriften och det är därför inte självklart att räkna depån i Kallerstad som en extra kostnad sprungen ur biogassatsningen. Investeringskostnaderna för svämmorna är inte inkluderade i beräkningen på grund av ofullständiga uppgifter. Men ett rimligt antagande är att den kostnaden ändå inte påverkar resultatet nämnvärt då det i sammanhanget är relativt små kostnader.

Det finns som sagt en hel del brister i beräkningarna. De minskade bullernivåerna för bussar kan förmodligen även tillämpas för renhållningsfordon under körning. Det är dock inga passagerare som drabbas. Däremot kan säkert tomgångskörningen ha större vikt än för bussar

då renhållningsfordon ofta står stilla. Det är dock osäkert hur bullret omkring dessa fordon ter sig.

”Etappmålet som regeringen lagt fast för transportsektorns koldioxidutsläpp innebär att utsläppen av koldioxid från transportsektorn som helhet inte ska öka till år 2010 jämfört med år 1990. Detta är alltså den beräknade kostnaden för att nå detta mål som bestämt det nu gällande koldioxidvärdet. Värdet 1,50 kronor per kg utsläpp är härlett från den koldioxidskattenivå (generell för olika delsektorer) som bedömts vara nödvändig för att klara etappmålet.” (Hesselborn 2002:13 s10-11)

Enligt citatet ovan baseras alltså värdet, 1,50 kr/kg koldioxid, på ett transportpolitiskt mål och inte på de egentliga effekter som varje utsläppt kilo koldioxid ger. Frågan är om det då är ett bra mått att använda. Alternativet hade varit att använda priset på utsläppsätter. Det kan tyckas vara ett bättre val men saken är inte glasklar. Priset på utsläppsätter är visserligen ett marknadspris, och det är det man gärna vill efterlikna i prissättningen av de olika effekterna, men den marknaden är inte perfekt. Det optimala priset på koldioxid sammanfaller med marginalkostnaden av skadorna det orsakar det vill säga $t = MC$. Men när det gäller utsläppsätterna är priset beroende av antalet utsläppsätter. Antalet är dock inte nödvändigtvis det optimala. Därför blir slutsatsen att värdet 1,50 kr kanske bättre motsvarar kostnaderna av utsläppen än marknadspriset på utsläppsätter och det används därför i denna analys. Det är dessutom ett vedertaget värde som använts av diverse utredningar.

En annan diskussion rörande koldioxiden är huruvida den är relevant i sammanhanget. Koldioxid är en global växthusgas som påverkar jorden i stort. Avgränsningen i det här arbetet sträcker sig endast inom den närmaste regionen. Frågan man då kan ställa sig är i stor hur utsträckning den globala uppvärmningen påverkar Linköping och dess närmaste städer. Genom att exkludera koldioxiden från beräkningarna får man fram att värdet för utsläppsminskningarna uppgår till 70 668 916 kr. Tillsammans med värdet för bullerminskningarna överstigs ändå summan för kostnaderna.

Man skulle kunna tycka att en viktig beståndsdel saknas i arbetet. Det gäller det faktum att priset för biogas är lägre än för konventionella bränslen vilket medför lägre kostnader för konsumenten och att detta borde vara med i analysen. Motivet till varför så inte är fallet är att priset för bensen och diesel inkluderar de miljöeffekter användningen av dem innebär. Biogas medför mindre effekter på miljö och hälsa. Detta är också inkluderat i arbetet genom att de lägre utsläppsnivåerna värderats. Om dessutom det lägre pumppriset tas med som en pluseffekt så sker en dubbelräkning av effekterna. Ungefär liknande är argumentet till varför inte inkomsterna från biogasförsäljningen är inkluderade. Då priset redan består av bland annat miljöeffekter och produktionskostnader skulle dubbelräkning ske om biogaspriset, i relation till bensen- och dieselpriiset, togs med i beräkningarna.

6 Slutsats

I det sista och avslutande kapitlet kommer slutsatsen att presenteras. Detta innebär att svaren på de inledande frågeställningarna analyseras. För att läsaren ska påminnas om hur dessa såg ut nämns de helt kort nedan:

- Hur ser effekterna av biogasinvesteringarna ut?
- Vilka mängder rör det sig om?
- Vad är värdet på de olika effekterna?
- Är projektet samhällsekonomiskt lönsamt?
- Varför ska man värdera miljön?

Det här kapitlet innebär ett mått av självkritik både om hur frågorna utformats och besvarats samt om de frågor som inte ställts.

Effekterna av biogasinvesteringarna samt vilka mängder det handlar om presenterades i avsnitt 4.1. De nämndes där helt utan värdering. Det var alltså endast de kvantitativa mängderna som visades. I vissa fall har det varit svårt att överhuvudtaget få fram en mängd som i fallet med marknadsföring av kommunen. Det finns egentligen inget mått på uppmärksamhet. Möjligen skulle man kunna använda antal publikationer i press men det innebär inget säkert mått då det är innehållet och kvaliteten på artiklarna som är avgörande för uppmärksamheten. Även tidningens/hemsidans tyngd i form av antal läsare, erkännande i pressvärlden o s v är av vikt.

Vidare visades de monetära värdena av effekterna i avsnitt 4.2. Det är dock inte alla effekter som varit möjliga att mäta i pengar. Rena investeringar är förstås enkla att visa men det är värre med mer diffusa effekter som bullerförändringar och utsläppsminskningar. Officiella värderingar av dessa har använts men, som tidigare diskuterats, har även dessa brister. De får dock accepteras tills vidare i brist på bättre värden. Värdet av minskade luftföroreningar kan alltså mätas i monetära termer. Men frågan är om de i sin tur kan härledas till biogassatsningen. Som visas i bilaga 1 kan flera av luftföroreningsminskningarna ha andra orsaker som fjärrvärmeutbyggnad och minskade luftburna föroreningar från Europa. Men eftersom de minskade utsläppen redan inräknats från mätningar av utsläpp från olika drivmedel skulle det bli en dubbelräkning om man även tog med värdet av minskade utsläppsnivåer i staden. Det är dock intressant att se hur lokal påverkan blir av en lokal satsning och mätningar av luftföroreningar i kommunens regi presenteras därför i bilaga 1.

Resultatet kan sammanfattas återigen i nedanstående tabell där de monetära kostnaderna är utsatta och de som inte kunnat värderas ändå definierats som positiva eller negativa.

Fördelar 2006		Kostnader 2006	
Bullerminskning (EB1-EC3)	338 580 163	Invest i biogasanläggning (C4)	13 904 800
Utsläppsminskning (EB2)	158 980 516	Merkostnad depå- och bussdrift (C1)	12 500 000
Färre eller inga olyckor vid bussdepån (B4)	+	Merkostnad inköp sopbilar (C2)	349 650
Undvikande av slaktavfall till södra Sverige (EB4)	+	Merkostnad sopbilsdrift (C7)	292 500
Ersätter konstgödsel och därmed olja (EB3)	+	Investering i 1: a försöket (C6)	29 455
Lantbrukare delaktiga i kretsloppet (B3)	+	Kortare räckvidd för fordon (C3)	-
40-50 årsanställda (B1)	+	Ojämn gång och svagare motor hos renhållningsfordon (C3)	-
Marknadsföring av Linköpings	+	Tvärstopp bland bussarna 1-2	-

kommun (B2)	ggr/mån (C3)	
	Förorenat aktivt kol (EC2)	-
	Investeringar i svämmor (C5)	-
	Metanutsläpp från produktion (EC1)	-
Summa	497 560 679	27 076 405

Som även påpekats tidigare så bör man vara försiktig när det gäller slutsatsen av projektet, åtminstone under 2006, då det finns en hel del osäkerheter både i beräkningarna och i de uppgifter som beräkningarna grundas på. En komplett kostnads- intäktsanalys beräknar samtliga effekter vilket inte den här har gjort eftersom endast ett år har beräknats. Detta utgör dock en grund för fortsatta undersökningar av konsekvenserna. Det återstår att göra liknande beräkningar för resterande år. Då kan det även vara aktuellt att inkludera framtida investeringar mer noggrant. De har nämnts i förbigående men inte tagits med i beräkningarna. En anledning till detta är att de investeringarna kommer att medföra ytterligare konsekvenser vilka är för komplexa för att undersöka inom ramen för detta arbete.

Referenser

Litteratur och publikationer

- Hesselborn, P-O., 2002, *Koldioxidutsläpp*, Delrapport ASEK, SIKA Rapport 2002:13, Stockholm
- Kullbjer, T. 1995. *Biogasdrivna bussar i Linköping*, Kommunikationsforskningsberedningen, KFB rapport 1995:14, Stockholm
- Linköpings kommun, Miljökontoret, *Luftkvalitetsmätningar I Linköpings kommun 1986/87-2002/03*, 2003-11-10, Linköping
- Linköpings kommun, *Sammanställning av resultat från Urbanmätningarna i Linköping fram till vintersäsongen 2004/05*, Urban 2006, Linköping
- Linköpings kommun, *Uppföljning*, internt dokument, 13 november, 2006
- Mattsson, B., 2006. *Kostnads- nyttoanalys för nybörjare*, Räddningsverket, (ISBN: 91-7253-286-6)
- Norrman, J., Arnell, J., Belhaj, M., Flodström, E., 2005, *Biogas som drivmedel för bussar i kollektivtrafik*, IVL Svenska Miljöinstitutet Rapport B1657,
- Naturvårdsverket 2005, *LIP ur ett samhällsekonomiskt perspektiv*, Rapport 5354, Lund
- Nerhagen, L., Forsberg, B., Johansson, C., Lövenheim, B., 2005, *Luftföroreningarnas externa kostnader, förslag på beräkningsmetod för trafiken utifrån granskning av ExternE-beräkningar för Stockholm och Sverige*, VTI rapport 517, Linköping
- Perman, R. et al, 2003. *Natural resource and environmental economics*, Pearson, Gosport
- Ramirez, J. 2001, *Kostnadsmodell Urban Water*, Forskningsprogrammet Urban Water, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg
- Åsman, P., *Rapportering av regeringsuppdrag om miljöklassning av alternativa drivmedel*, SA 80A 2005:6678, Sektion Miljö, Vägverket, Borlänge

Nedanstående är kommunstyrelsens sammanträdesprotokoll och dylikt:

LK1	PM 95-09-13 Arnrup
LK2	Dnr 95.0124 1996-06-11
LK3	Dnr 96.0020 1996-01-31
LK4	Dnr 2001.--- 2001-10-18
LK5	Dnr 95.0124 1995-01-23
LK6	Dnr 1999.0854 1999-10-19

Internet

Eniro, <http://eniro.se>

1. *Vägbeskrivning*, (2007-02-12)
<http://kartor.eniro.se/query?&what=route&mop=yp&mapstate=1%3B17%3B62.2%3B0%3B-13.877530876032512%3B72.52743080273578%3B47.80579945636531%3B51.91221751979841&stq=0&pis=0>

Linköping Kinda-Posten, <http://linkopingstidning.se>

1. *Biogasdriven bilpool i Linköping*, (2006-11-09)
<http://www.linkopingstidning.se/article/articleview/3994/1/2/>

Miljöfordon, <http://www.miljofordon.se>

1. *Biogas*, (2006-10-02)
<http://www.miljofordon.se/fakta/index.asp?sTemplate=main.asp&iMenuID=470&iParentMenuID=406>

Nationalencyklopedin, <http://www.ne.se>

1. *Nationalencyklopedins internettjänst*, 2007-02-05
http://www.ne.se/jsp/search/search.jsp?t_word=torrsubstans

SBGF, Svenska Biogasföreningen, <http://sbgf.org>

1. *Biogasintroduktion*, (2006-10-02)
<http://www.sbgf.info/default.asp?sub=25>
2. *Biogastekniken*, (2006-10-02)
<http://www.sbgf.org/default.asp?sida=42&sub=25>
3. *Biogas som fordonsbränsle*, (2006-10-02)
<http://www.sbgf.info/default.asp?sida=5&sub=25>
4. *Biogödsel*, (2006-10-02)
<http://www.sbgf.org/default.asp?sida=5&sub=25>

Scania, <http://scania.se>

1. *Scanias omniprogram*, (2007-01-07)
http://www.scania.se/bussar/scaniaomni_range/

Statistiska centralbyrån, SCB, <http://scb.se>

1. *Konsumentprisindex (1980=100), fastställda tal*, (2007-01-11)
http://www.scb.se/templates/tableOrChart____33847.asp

Svensk Biogas AB, <http://svenskbogas.se>

1. *Biogas – ren drivkraft för fordon*, (2006-09-14)
http://www.svenskbogas.se/sb/docs/broschyrer/SB_infofolder.pdf
2. *Frågor och Svar – Biogas* (2006-09-14)

http://www.svenskbiogas.se/sb/press/vanliga_fragor_och_svar_aug_2006.pdf

3. *Toppbetyg för Linköpings satsning på biogas – 8 stjärnor av 10 möjliga*, (2006-09-14)
http://www.svenskbiogas.se/sb/press/nyheter/old/art_34.xml
4. *Första 9 Skoda Octavia levererad*, (2006-09-14)
http://www.svenskbiogas.se/sb/press/nyheter/old/art_46.xml

Wikipedia, <http://sv.wikipedia.org>

1. *Bensen* (2006-12-06)
<http://sv.wikipedia.org/wiki/Bensen>
2. *Duobuss* (2007-02-05)
<http://no.wikipedia.org/wiki/Duobuss>

Personliga kontakter

Ahlbert, Jonas, *produktionschef, Svensk Biogas*, upprepade mejlkontakter och personliga möten

Eriksson, Owe, *Connex*, telefonkontakt 13/10 2006

Göransson, Mats, *produktionstekniker, Swedish Meats*, mejlkontakt 13/10 och 20/10 2006

Lönn, Gunnar, *Programansvarig Kollektivtrafik, Linköpings kommun*, personligt möte 29/11 2006, mejlkontakt 17/1 2007

Madsen, Britt, *kommungruppsordförande Linköping, LRF*, telefonkontakt 30/10 2006

Malmström, Susanne, *Sunfleet Carsharing*, mejlkontakt 14/11 2006

Thalén, Joakim, *produktionschef, Ragnsells AB*, mejlkontakt 3/10 2006, 8/1 2007 och 17/1 2007

Undén, Peter, *marknadschef, Svensk Biogas*, upprepade mejlkontakter och personliga möten

Bilaga 1

Det här avsnittet har som huvudsakliga syfte att försöka avgöra huruvida och i vilken utsträckning utsläppsminskningarna har påverkat tätorten Linköping. En värdering av eventuella effekter är inte lämplig då det skulle medföra dubbelräkning av samma effekter.

Mätningar har gjorts dels i Linköpings tätort men även på landsbygden runt om Linköping. Inom tätorten har mätningarna skett vintertid vid Stora Torget. Trafik eller andra utsläppskällor har ingen direkt påverkan vilket innebär att resultaten visar bakgrundsnivån i tätorten. Generellt sett har luftkvaliteten förbättrats i svenska tätorter, Linköping ligger dock under snittet när det gäller kväveoxid och bensen. För kväveoxid, svaveldioxid, sot och bensen har minskningstakten avtagit eller stagnerat de senaste åren. Kväveoxidföreningarna har minskat från närmare $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 1986-87 till neråt $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2004-05. Svaveldioxiden har under samma period minskat från lite drygt $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ till strax över $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sothalterna låg i början av mätperioden på 8 till $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och i slutet på $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mätningarna illustreras i diagram B1 nedan. (Linköpings kommun 2006).

Att kvävedioxidhalten minskat beror på att katalysatorer införts, bättre bränslen samt bränslesnålare fordon. Ytterligare en orsak kan vara att biogasfordon införts. Den avtagande svavelhalten däremot har sin orsak i förbränningsoljornas lägre svavelinnehåll. Dessutom har fjärrvärmenätet utökats och Linköpings kraftvärmeverk har bytt till bränslen med lägre svavelhalt. En annan orsak kan vara att svaveldioxiden som transporteras från Europa till Sverige via luften har minskat. När det gäller sot, som visar en liten minskning, har avgasreningen blivit bättre och åtgärder skett vid förbränningsanläggningarna vilket kan vara orsaken. (Miljökontoret Linköpings kommun 2003)

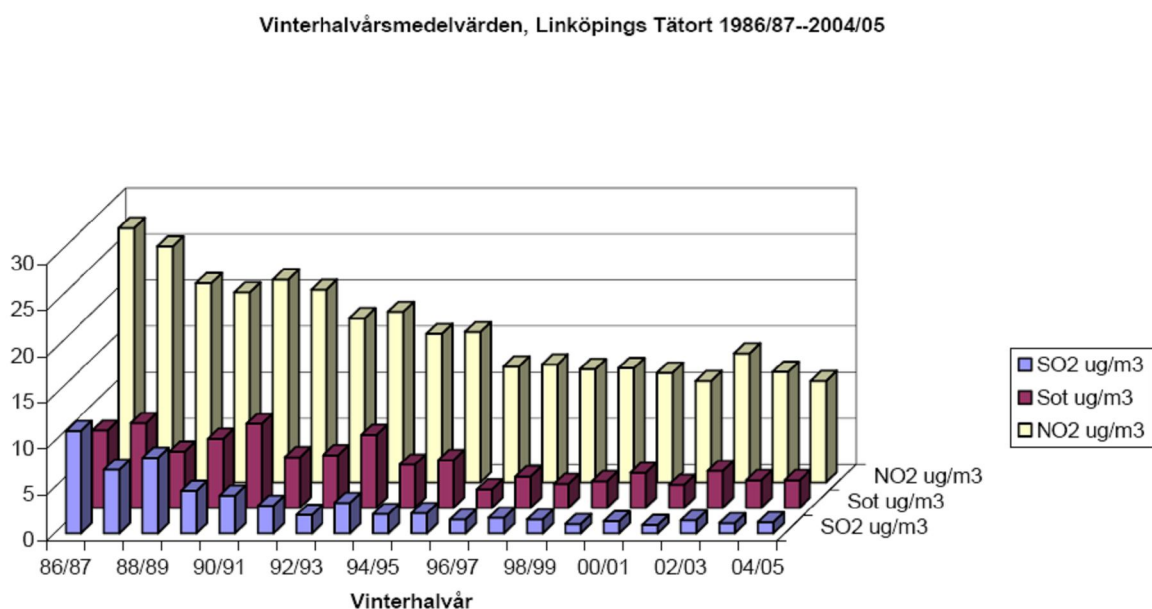


Diagram B1: Utsläppsnivåer vintermätningar 86/87- 04/05 (Linköpings kommun 2006)

Flyktiga kolväteföreningar (VOC) inbegriper i dessa mätningar bensen, toluen, oktan, butylacetat, etylbensen, mp-xilen och nonan. I stort sett samtliga har haft en avtagande trend. Av dessa är det endast bensen som en miljökvalitetsnorm finns fastställd för. Den innebär att efter den 1 januari 2010 får inte mer än i genomsnitt $5 \mu\text{m}^3$ som årsmedelvärde förekomma i utomhusluft. Bensenhalten började inte mätas förrän 1996-97 och har under mätperioden minskat från drygt 2 till mindre än $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Linköpings kommun 2006). Bensen är kraftigt cancerogent på grund av dess förmåga att reagera med DNA (Wikipedia).

På landsbygden har mätningar skett i Gävbo och Viggeby, båda platserna sydväst om Linköping. Vinden kommer vanligen från sydsydväst och kommunen har därför fr.o.m. 2004/05 flyttat en av mätplatserna, den vid Viggeby, till Östra Harg som ligger nordost om Linköping. Syftet är att se om utsläpp från staden påverkar landsbygdens luftkvalitet. (Linköpings kommun 2006) Svaveldioxiden i jämförelse mellan tätorten och landsbygden visar en liten skillnad. Men kväveoxiden uppvisar en mycket större skillnad, där halten är mycket högre i tätorten än på landsbygden. Detta visar att svaveldioxidtransporterna från Europa är starkt avgörande för halterna i staden och att det är, när det gäller kväveoxidhalten, främst trafiken som är avgörande. (Linköpings kommun 2003).

Sammanfattning:

Halterna av kväveoxider, svaveloxider, sot och bensen i Linköping har minskat. Men endast minskningen av kväveoxider kan eventuellt härledas till biogasdriften. De kan också bero på bättre bränslen över lag samt katalysatorer. Minskningarna av svaveloxider beror förmodligen på utbyggnad av fjärrvärmenätet, bättre förbränningsoljor samt att de luftburna föroreningarna från Europa minskat. Sothalternas minskning kan eventuellt härledas till effektivare avgasrening både från fordon och från värmeverket.

Bilaga 2 Beräkningar

Nuvärdesberäkningar med annuiteter och justering för inflation (se tabeller i Bilaga 2). Räntan har satts till 5 % enligt standard från Naturvårdsverket. Avskrivningstiden har satts till 15 år när inte annat anges. Priserna har justerats till 2006 års prisnivå. Generellt ser formeln ut som

följer: $\left(\text{Investeringskostnad} \times \frac{\text{Prisindex 2006}}{\text{Prisindex år } x} \right) \times \text{annuitetsvärde} = \text{Inflationsjusterat nuvärde}$

Nedan följer beräkningar för kostnader och fördelar. En känslighetsanalys är även gjord med räntorna 4 respektive 6 %. Dessa redovisas i samband med aktuell kostnad/fördel.

Första försöket: $\left(250000 \times \frac{284,22}{232,4} \right) \times 0,09634 = 29455,41609$

4 % 27 498, 65

5 % 29 455, 42

6 % 31 479,44

Biogasanläggning: $\left(130 \times 10^6 \times \frac{284,22}{256} \right) \times 0,09634 = 13904797,36$

4 % 12 908 917,12

5 % 13 904 797,36

6 % 14 860 265,07

Inköp sopbilar: ca 300 000 per bil, det finns 9 stycken, avskrivningstid 10 år:

$(300000 \times 9) \times 0,12950 = 349650$

4 % 332 883

5 % 349 650

6 % 366 849

Känslighetsanalys: totalsumma av ovanstående med olika räntenivåer

4 %: 13 269 298,77

5 %: 14 283 903,05

6 %: 15 258 593,51

Utökning: ingår förmodligen i totala kostnaden för biogasanläggningen och inkluderas

därmed inte i beräkningen. $\left(10 \times 10^6 \times \frac{284,22}{258,1} \right) \times 0,09634 = 1060897,125$

4 % 984 914,2503

5 % 1 060 897,125

6 % 1 133 796,637

Bussdepå: osäker post då depån kanske skulle byggts även om ingen biogassatsning

$$\left((35 \times 10^6) \left(\frac{284,22}{279,2} \right) \right) \times 0,09634 = 13239745,34$$

4 % 12 291 497,02

5 % 13 239 745,34

6 % 14 149 514,02

Gastransporter:

$$7,2 \times 10^6 - 4,8 \times 10^6 = 2,6 \times 10^6 m^3$$

$$5000 m^3 / transport \rightarrow 520 transporters / \text{år}$$

2,6 miljoner kubikmeter gas är vad som sålts i omkringliggande städer under 2006. Då en transport tar 5000 m³ blir det 520 transporter årligen.

Avstånd enligt eniro.se Linköping-

Norrköping 43 km

Motala 54,4 km

Örebro 121,5 km

Katrineholm 89,3 km

Totalt 308,2

Medel 77,05 km

ToR 154,1 km

Ett snitt har beräknats av avstånden till de omkringliggande städerna på ca 77 km. Då transporten även ska tillbaka till Linköping har den siffran dubblerats till ca 154 km. Detta har sedan multiplicerats med antalet transporter för att få antalet körda kilometer per år vilket visas nedan.

$$520 \times 154,1 = 80132 km / \text{år}$$

Från tabell B1 nedan har utsläppsmängden per kilometer tagits och multiplicerats med ovanstående för att erhålla den årliga utsläppsmängden av respektive ämne.

$$80132 \times 1150 = 92151800 g \approx 92152 kg CO_2$$

$$80132 \times 0,37 = 29648,84 g \approx 30 kg SO_x$$

$$80132 \times 7,5 = 600990 g \approx 600 kg NO_x$$

$$80132 \times 0,9 = 72118,8 g \approx 72 kg VOC$$

$$80132 \times 0,15 = 12019,8 g \approx 12 kg partiklar$$

Tabell B1 Utsläpp från dieselfordon med motor av klass Euro 3 (g/km) (IVL1657 Biogasbussar)

	CO ₂	SO _x	NO _x	VOC	Partiklar
Diesel Euro 3	1150	0,37	7,5	0,9	0,15

Mängden har sedan multiplicerats med monetära värden från tabell 4.6 för att erhålla värdet på utsläppen.

$$1,5 \times 92152 = 138228 \text{ kr } CO_2$$

$$49 \times 30 = 1470 \text{ kr } SO_x$$

$$147 \times 600 = 88200 \text{ kr } NO_x$$

$$3400 \times 12 = 40800 \text{ kr partiklar}$$

$$\Sigma = 268698 \text{ kr/år}$$

Känslighetsanalys av bullervärderingen:

Då bullervärderingen är en stor osäkerhetskälla i analysen görs här en enklare känslighetsanalys. Eftersom decibelskalan är logaritmisk är det svårt att avgöra värdet av en decibels sänkning eller höjning. Det är även svårt att uppskatta antalet som påverkas av bullret. Därför halveras helt enkelt de värden som använts tidigare i avsnitt 4.2.1 vilket innebär att följande siffror fås:

Passerar hållplats	20 886 510
Ombord	157 197 857
Hållplats, tomgång	-8 794 286
Summa	169 290 081

Vinsten av bullerminskningen skulle alltså bli ca 169 miljoner kronor vilket innebär att om det värdet skulle användas i analysen skulle resultatet ändå bli att fördelarna överväger.

Bilaga 3 Tabeller

Tabell D Annuitetstabell

År n	4 %	5 %	6 %	8 %	10 %	12 %	15 %	18 %	20 %	25 %
1	1,04000	1,05000	1,06000	1,08000	1,10000	1,12000	1,15000	1,18000	1,20000	1,25000
2	0,53020	0,53780	0,54544	0,56077	0,57619	0,59170	0,61512	0,63872	0,65455	0,69444
3	0,36035	0,36721	0,37411	0,38803	0,40211	0,41635	0,43798	0,45992	0,47473	0,51230
4	0,27549	0,28201	0,28859	0,30192	0,31547	0,32923	0,35027	0,37174	0,38629	0,42344
5	0,22463	0,23097	0,23740	0,25046	0,26380	0,27741	0,29832	0,31978	0,33438	0,37185
6	0,19076	0,19702	0,20336	0,21632	0,22961	0,24323	0,26424	0,28591	0,30071	0,33882
7	0,16661	0,17282	0,17914	0,19207	0,20541	0,21912	0,24036	0,26236	0,27742	0,31634
8	0,14853	0,15472	0,16104	0,17401	0,18744	0,20130	0,22285	0,24524	0,26061	0,30040
9	0,13449	0,14069	0,14702	0,16008	0,17364	0,18769	0,20957	0,23239	0,24808	0,28876
10	0,12329	0,12950	0,13587	0,14903	0,16275	0,17698	0,19925	0,22251	0,23852	0,28007
11	0,11415	0,12039	0,12679	0,14008	0,15396	0,16842	0,19107	0,21478	0,23110	0,27349
12	0,10655	0,11283	0,11928	0,13270	0,14676	0,16144	0,18448	0,20863	0,22526	0,26845
13	0,10014	0,10646	0,11296	0,12652	0,14078	0,15568	0,17911	0,20369	0,22062	0,26454
14	0,09467	0,10102	0,10758	0,12130	0,13575	0,15087	0,17469	0,19968	0,21689	0,26150
15	0,08994	0,09634	0,10296	0,11683	0,13147	0,14682	0,17102	0,19640	0,21388	0,25912
16	0,08582	0,09227	0,09895	0,11298	0,12782	0,14339	0,16795	0,19371	0,21144	0,25724
17	0,08220	0,08870	0,09544	0,10963	0,12466	0,14046	0,16537	0,19149	0,20944	0,25576
18	0,07899	0,08555	0,09236	0,10670	0,12193	0,13794	0,16319	0,18964	0,20781	0,25458
19	0,07614	0,08275	0,08962	0,10413	0,11955	0,13576	0,16134	0,18810	0,20646	0,25366
20	0,07358	0,08024	0,08718	0,10185	0,11746	0,13388	0,15976	0,18682	0,20536	0,25292
25	0,06401	0,07095	0,07823	0,09368	0,11017	0,12750	0,15470	0,18292	0,20212	0,25095
30	0,05783	0,06505	0,07265	0,08883	0,10608	0,12414	0,15230	0,18126	0,20085	0,25031
40	0,05052	0,05828	0,06646	0,08386	0,10226	0,12130	0,15056	0,18024	0,20014	0,25003
50	0,04655	0,05478	0,06344	0,08174	0,10086	0,12042	0,15014	0,18005	0,20002	0,25000

Konsumentprisindex, Statistiska Centralbyrån, http://www.scb.se/templates/tableOrChart____33847.asp
20070129

År	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Årsmedel
2006	279,59	280,9	282,89	284,32	284,76	284,68	284,19	284,38	286,04	286,07	286,43	286,43	284,22
2005	277,9	279,2	279,8	280,2	280,3	280,4	279,4	279,9	281,9	282,4	281,7	281,8	280,4
2004	278	277,3	279,4	279,4	280,1	278,9	278,5	278,2	280,2	281	279,4	279,4	279,2
2003	276	278,4	279,8	278,8	278,5	277,7	276,8	276,7	278,7	278,9	278,3	278,6	278,1
2002	268,8	269,4	271,8	272,9	273,6	273,2	272,3	272,4	274,5	275,4	274,7	275,1	272,8
2001	261,7	262,6	264,6	266,9	268,7	268,3	266,9	267,6	269,9	269,1	269,2	269,5	267,1
2000	257,5	258,7	259,9	260	261,3	261,2	260	260,2	262	262,6	262,7	262,5	260,7
1999	256,2	256,3	257,3	257,9	258,3	258,7	257,6	257,6	259,4	259,7	259	259,6	258,1
1998	256,9	256,6	257	257,7	258,1	257,6	257	255,7	256,8	257,3	256,7	256,2	257
1997	254,6	254,2	255,2	257	257	257,4	257,3	257,4	259,8	259,6	259,2	259,1	257,3
1996	255,6	255,8	257	257,6	257,3	256,3	255,7	254,5	256	255,9	255,3	254,9	256
1995	251,3	252,3	253,3	255	255,3	255,1	254,8	254,5	256,2	256,9	256,8	256	254,8
1994	245,1	245,9	246,8	247,8	248,3	248,4	248,4	248,5	250,7	251	250,8	250,4	248,5
1993	241	241,6	242,7	243,7	243,1	242,3	241,9	242,3	244,5	245,2	245,3	244,3	243,2
1992	230,2	230,3	231,3	231,9	232	231,5	231,2	231,3	234,6	235,1	234	234,9	232,4
1991	218,9	225	225,8	227,1	227,3	227	227,1	226,7	229,2	230,1	231,1	230,8	227,2
1990	199	199,9	205,4	205,2	206,4	206,2	208,2	209,6	212	213,4	214,1	213,9	207,8
1989	183	184	184,7	186,5	187,3	187,9	187,9	188,7	190,2	191,8	192,2	192,8	188,1
1988	171,6	172,9	173,7	175,2	175,8	176,3	177,1	177,5	178,8	180,2	180,5	180,9	176,7
1987	164,4	164,4	164,7	165,1	165,2	164,9	166,9	167,8	169,4	170,1	170,7	170,7	167
1986	158,9	159	158,7	159,7	159,7	159,7	160,1	159,9	161,3	161,9	161,9	162,3	160,3
1985	149,6	151	152,1	152,7	154,5	153,9	153,8	153,8	154,5	155,5	156,5	157,1	153,8
1984	139,4	138,9	140,9	141,8	142,8	142,4	142,8	143,9	144,8	145,5	146,4	148,8	143,2
1983	129,1	128,8	129,3	130,3	131,1	131,8	132,9	133,5	134,5	135,6	136,4	137,5	132,6
1982	117,4	119	119,3	120,1	120,7	121,1	121,9	122,2	122,9	124,6	125,6	125,9	121,7
1981	107,2	109,3	109,8	110,5	111,2	111,6	112,6	113,5	114,3	115	115,4	114,9	112,1
1980	95,3	96,8	97,2	97,9	98,2	98,5	99,3	99,9	102,7	104,2	104,8	105,2	100

Pris: 100:- (exkl. moms)

Tryck: SLU, Institutionen för ekonomi, Uppsala 2007.

Distribution:

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för ekonomi
Box 7013
750 07 Uppsala
Tfn 018-67 21 65

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Economics
Box 7013
SE-750 07 Uppsala, Sweden
Fax +46-18-67 35 02